

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Laboratorní úlohy pro výuku Virtuální instrumentace s NI
VIRTUAL BENCH**

**Laboratory Examples for Virtual Instrumentation Education
using NI VIRTUAL BENCH**

2020

Lukáš Hlavatý

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Hlavatý**

Studijní program: B0714A150001 Řídicí a informační systémy

Téma: **Laboratorní úlohy pro výuku Virtuální instrumentace
s NI VIRTUAL BENCH
Laboratory Examples for Virtual Instrumentation Education
using NI VIRTUAL BENCH**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Náplní práce je návrh úloh pro účely výuky automatizace měření a testování. Úlohy budou pro interakci s počítačem využívat kombinovaného zařízení NI VIRTUAL BENCH. Součástí práce je tvorba vzorových příkladů v LabVIEW a dokumentace.

Body zadání:

1. Seznámení se s vlastnostmi NI VIRTUAL BENCH.
2. Návrh a výběr vhodných úloh.
3. Návrh a realizace HW.
4. Návrh a realizace SW úloh v LabVIEW.
5. Zhodnocení dosažených výsledků práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. *Začínáme s LabVIEW*. Ilustroval Viktorie VLACHOVÁ. Praha: BEN - technická literatura, 2008. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [2] BRESS, Thomas J. *Effective labview programming*. 1st ed. Allendale: NTS Press, 2013, 701 s. ISBN 19-348-9108-8.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Bilík, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2019

Datum odevzdání: 30.04.2020



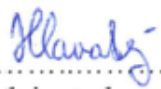

doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 15. května 2020


.....
podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Petru Bilíkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Taky bych rád poděkoval své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Náplní této bakalářské práce je návrh a realizace laboratorní úloh pro výuku Virtuální instrumentace. Laboratorní úlohy se zabývají paralelním a neparalelním testováním výrobku. Pro realizaci této práce byly poskytnuty dvě desky plošných spojů. První deskou je multiplexerový laboratorní přepínač, který slouží k přepínání měřících přístrojů mezi testovanými moduly. Při vhodném ovládání přepínače testovacím SW je zkrácen čas testování, což je v průmyslové výrobě velice důležité. Druhá deska obsahuje čtyři totožné testované výrobky, nazývané v práci jako UUT. Každé UUT obsahuje čtyři odlišné testované moduly. Testování jednotlivých modulů je realizováno pomocí přístroje NI VirtualBench, který obsahuje pět nejčastěji používaných přístrojů v jedné skříni. Laboratorní úlohy jsou naprogramované v grafickém programovacím prostředí LabVIEW. Hlavní úlohou je paralelní testování. Úloha neparalelního testování je vytvořena za účelem časového srovnání délek testů.

Klíčová slova

NI VirtualBench; LabVIEW; Virtuální instrumentace; paralelní testování; přepínání; automatické testování výrobku

Abstract

The content of this bachelor thesis is the design and implementation of laboratory tasks for teaching Virtual Instrumentation. Laboratory tasks deal with parallel and non-parallel product testing. Two printed circuit boards were provided for the implementation of this work. The first board is a multiplexer laboratory switch, which is used to switch measuring instruments between the tested modules. With suitable control of the switch by the test SW, the testing time is shortened, which is very important in industrial production. The second board contains four identical tested products, referred to in the work as UUT. Each UUT contains four different tested modules. Testing of individual modules is performed using the NI VirtualBench device, which contains the five most frequently used devices in one cabinet. Laboratory tasks are programmed in the LabVIEW graphical programming environment. The main task is parallel testing. The non-parallel testing task is created for the purpose of time comparison of test lengths.

Key words

NI VirtualBench; LabVIEW; Virtual instrumentation; parallel testing; switching; automatic product testing

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	- 8 -
Seznam obrázků	- 10 -
Úvod	- 12 -
1 Signálové přepínače	- 13 -
1.1 Topologie přepínačů	- 13 -
1.1.1 Maticové přepínače	- 15 -
1.1.2 Multiplexerové přepínače	- 16 -
1.2 Přepínací prvky	- 17 -
1.2.1 Standardní možnosti přepínání (SPST, SPDT, DPST, DPDT)	- 17 -
1.2.2 Typy přepínačů	- 18 -
2 Software pro automatizované testování	- 23 -
2.1 TestStand	- 23 -
2.2 NI Switch Executive	- 24 -
2.3 Knihovna NI SWITCH	- 26 -
3 NI VirtualBench	- 28 -
3.1 Hardware	- 28 -
3.2 Software	- 29 -
4 Programovací prostředí LabVIEW	- 30 -
4.1 Základní informace	- 30 -
4.2 Programování	- 30 -
4.3 Propojení LabVIEW s VirtualBench	- 31 -
4.3.1 SW ovladač VirtualBench	- 31 -
4.3.2 Toolkit VirtualBench	- 31 -
5 Laboratorní signálový přepínač	- 32 -
5.1 Posuvný (shift) registr	- 33 -
5.2 Funkce přepínače	- 35 -
6 Testovaný výrobek	- 36 -
6.1 LED	- 36 -
6.2 RC článek typu dolní propust	- 37 -

6.3	BERT.....	- 37 -
6.4	Převodník teploty na frekvenci	- 38 -
7	Princip paralelního testování	- 39 -
8	Návrh a realizace aplikací	- 43 -
8.1	Ovládání přepínače	- 43 -
8.2	Ovládání indikačních LED	- 44 -
8.3	Aplikace pro paralelní testování	- 44 -
8.3.1	Test RC článku typu dolní propust a převodníku teploty na frekvenci..	- 46 -
8.3.2	Test LED.....	- 48 -
8.3.3	Test BERT	- 49 -
8.4	Aplikace pro neparalelní testování.....	- 50 -
	Závěr	- 52 -
	Použitá literatura	- 54 -
	Přílohy na DVD	I

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratka	Význam
AC	Alternating Current
API	Application Programming Interface
ATE	Automated Test Equipment
ATML	Automatic Test Markup Language
BERT	Bit Error Rate Test
CMOS	Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
DC	Direct Current
DPDT	Double Pole Double Throw
DPS	Deska Plošného Spoje
DPST	Double Pole Single Throw
FET	Field-Effect Transistor
GUI	Graphical User Interface
HTML	Hypertext Markup Language
HW	Hardware
LED	Light-Emitting Diode
LVTTTL	Low Voltage Transistor-Transistor Logic
NC	Normally Close
NO	Normally Open
NI	National Instruments
OE	Output Enable
PXI	PCI eXtensions for Instrumentation
RCLK	Storage Register Clock
SER	Serial Input
SPDT	Single Pole Double Throw
SPST	Single Pole Single Throw
SRCLK	Shift Register Clock
SRCLR	Shift Register Clear Input

SSR	Solid State Relay
SW	Software
TTL	Tranzistor-Tranzistor Logic
TXT	Text file
UUT	Unit Under Test
VI	Virtual Instrument
XML	Extensible Markup Language

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ukázka využití přepínače pro přepínání měřicího přístroje mezi měřenými uzly (vlevo) a zdroje signálu mezi napájenými uzly (vpravo) [1].....	- 13 -
Obrázek 2: Režim 1-Wire [2]	- 14 -
Obrázek 3: Režim 2-Wire [2]	- 14 -
Obrázek 4: Režim 4-Wire [2]	- 14 -
Obrázek 5: Schéma vnitřní logiky maticového přepínače NI PXI/PXIe-2531[4].....	- 15 -
Obrázek 6: Schéma vnitřní logiky multiplexerového přepínače NI PXI-2501[6]	- 16 -
Obrázek 7: SPST přepínač [8]	- 17 -
Obrázek 8: SPDT přepínač [8].....	- 17 -
Obrázek 9: DPST přepínač [8].....	- 18 -
Obrázek 10: DPDT přepínač [8].....	- 18 -
Obrázek 11: Schéma elektromechanického relé [8]	- 19 -
Obrázek 12: Relé typu non-latching [8]	- 20 -
Obrázek 13: Relé typu latching s jednou cívkou (vlevo) a dvěma cívkami (vpravo) [8]	- 20 -
Obrázek 14: Jazyčkové relé rozepnuté (nahore) a sepnuté (dole) [8]	- 21 -
Obrázek 15: Solid state relé [8]	- 22 -
Obrázek 16: Aplikační software TestStand [11]	- 23 -
Obrázek 17: Nakonfigurovaná propojení v NI Switch Executive [12]	- 24 -
Obrázek 18: Základní řetězec pro práci s daty z NI Switch Executive v LabVIEW [13].....	- 25 -
Obrázek 19: Zvolení souboru z NI Switch Executive s nakonfigurovanými cestami a výběr konkrétních cest v softwaru TestStand [14].....	- 25 -
Obrázek 20: Front Panel VI pro ovládání konkrétního relé	- 26 -
Obrázek 21: Řetězec pro práci s konkrétním relé přepínače vytvořený pomocí funkcí z knihovny NI SWITCH	- 26 -
Obrázek 22: Front panel pro ovládání dvou spojení přepínače	- 27 -
Obrázek 23: Řetězec pro práci s vícero relé přepínače vytvořený pomocí funkcí z knihovny NI SWITCH	- 27 -
Obrázek 24: Přístroj VirtualBench-8012 [15].....	- 28 -
Obrázek 25: SW rozhraní pro VirtualBench.....	- 29 -
Obrázek 26: Paleta pro ovládání VirtualBench v LabVIEW [18]	- 31 -
Obrázek 27: DPS laboratorního signálového přepínače	- 32 -
Obrázek 28: Vnitřní logika posuvného registru SN74HC595 [19]	- 33 -
Obrázek 29: Ukázka práce s daty v posuvném registru	- 34 -
Obrázek 30: Logika laboratorního přepínače využitá v této bakalářské práci	- 35 -
Obrázek 31: Piny konektoru přepínače připojené k testovaným modulům na UUT1.....	- 35 -
Obrázek 32: DPS s testovanými výrobky (UUT).....	- 36 -
Obrázek 33: Zapojení pro měření V-A charakteristiky LED.....	- 37 -
Obrázek 34: Zapojení pro měření logaritmické amplitudové frekvenční charakteristiky RC článku	- 37 -

Obrázek 35: Zapojení pro BERT	- 37 -
Obrázek 36: Zapojení pro měření frekvence z převodníku teploty na frekvenci	- 38 -
Obrázek 37: Tabulka z testovací aplikace s barevným rozlišením sekvencí.....	- 40 -
Obrázek 38: Zapojení přístrojů k testovacím modulům v první sekvenci.....	- 40 -
Obrázek 39: Zapojení přístrojů k testovacím modulům v druhé sekvenci.....	- 41 -
Obrázek 40: Zapojení přístrojů k testovacím modulům ve třetí sekvenci.....	- 41 -
Obrázek 41: Zapojení přístrojů k testovacím modulům ve čtvrté sekvenci	- 42 -
Obrázek 42: Schéma zapojení přístroje VirtualBench, laboratorního přepínače a testovaného výrobku.....	- 42 -
Obrázek 43: SubVI vytvořené pro ovládání přepínače	- 43 -
Obrázek 44: Queue Message Handler.....	- 45 -
Obrázek 45: Front Panel aplikace pro paralelní testování.....	- 45 -
Obrázek 46: Textový soubor s uloženými daty.....	- 46 -
Obrázek 47: Frekvence pro testování RC článku a limitní hodnoty zesílení K[dB]	- 46 -
Obrázek 48: Grafický výstup testu RC článku	- 47 -
Obrázek 49: Konfigurační soubor pro test převodníku teploty na frekvenci.....	- 47 -
Obrázek 50: Výstup testu převodníku teploty na frekvenci	- 48 -
Obrázek 51: Konfigurační soubor pro test LED.....	- 48 -
Obrázek 52: Grafický výstup testu LED	- 49 -
Obrázek 53: Sekvence bitů pro testování BERT	- 49 -
Obrázek 54: Grafický výstup testu BERT	- 50 -
Obrázek 55: Tabulka s výsledky neparalelního testování	- 50 -
Obrázek 56: Front Panel aplikace pro neparalelní testování.....	- 51 -

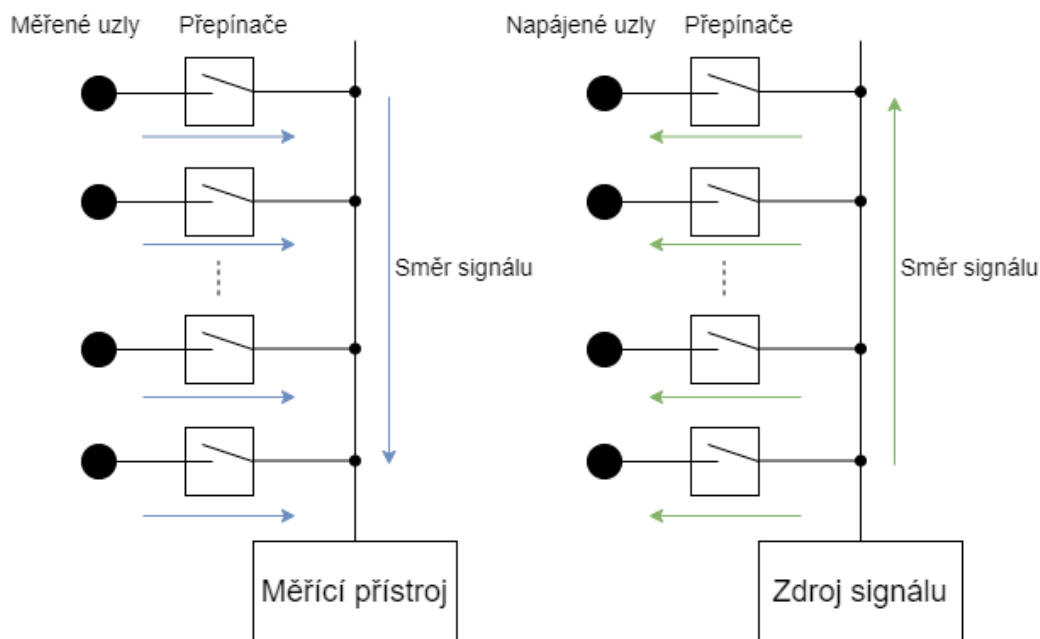
Úvod

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a realizovat laboratorní úlohy pro výuku Virtuální instrumentace. V těchto úlohách se zabývám zvýšením časové efektivity při testování modulů na demonstračním výrobku pomocí multiplexerového přepínače, který umožňuje v průběhu testování automaticky přepínat měřicí přístroje mezi testovanými moduly. V současnosti je v průmyslu kladen velký důraz na kvalitu výrobků, maximalizaci produktivity a zároveň minimalizaci vadných kusů. Podstata mé práce je zvýšení produktivity pomocí snížení doby testování jednoho výrobku při vhodném ovládání multiplexerového přepínače testovacím SW. Ve výsledku je obrovský rozdíl, zda za jednu směnu je otestováno například 1000 nebo 1500 výrobků.

V teoretické části se zabývám topologiemi přepínání, možnostmi přepínání a také přepínacími prvky, které se dělí podle požadavků na parametry. Dále se zabývám vývojovými prostředími a SW knihovnami, které se využívají pro automatizované testování výrobků v průmyslu, jako je například TestStand, NI Switch Executive nebo knihovna NI SWITCH. Nezbytné pro mě bylo získání veškerých informací ohledně ovládání přístroje NI VirtualBench, který v jedné skříni obsahuje všechny potřebné měřicí přístroje a je využit v této práci pro samotné testování. Dále jsem nastudoval principy a funkce signálového přepínače a vlastnosti testovaného výrobku. V praktické části jsem se zabýval návrhem a realizací úloh pro paralelní a neparalelní testování výrobku v programovacím prostředí LabVIEW. Navrhnul jsem sekvence pro paralelizaci testování, naprogramoval SW, který automaticky přepíná mezi testovanými moduly, testuje dané moduly pomocí přístroje VirtualBench a po dokončení testování vyhodnotí vadnost nebo bezvadnost všech modulů.

1 Signálové přepínače

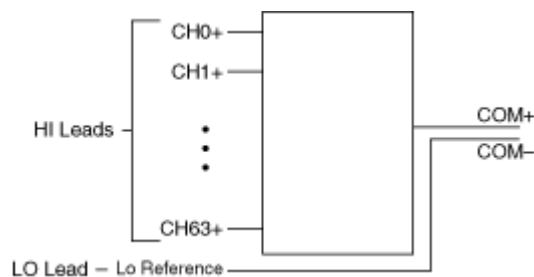
Signálový přepínač (switch) je programovatelné zařízení, které je schopno dle požadavků automatizované testovací aplikace připojovat a odpojovat N vstupů na 1 výstup nebo 1 vstup na N výstupů. To znamená, že je možno přepínat měřicí přístroj k řadě měřených uzlů nebo zdroj signálu k řadě napájených uzlů (Obrázek 1). Zapojení se nemění, ale mění se směr signálu. Přepínače se dělí do několika kategorií. Z hlediska topologie se dělí na maticové a multiplexerové. Také se dělí podle požadavků na parametry, ke kterým patří např. maximální spínaný proud, maximální napětí nebo maximální rychlost přepínání [1].



Obrázek 1: Ukázka využití přepínače pro přepínání měřicího přístroje mezi měřenými uzly (vlevo) a zdroje signálu mezi napájenými uzly (vpravo) [1]

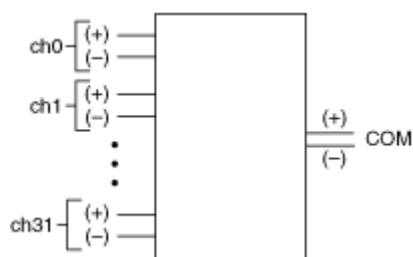
1.1 Topologie přepínačů

Z hlediska rozdělení přepínačů podle topologie rozlišujeme dvě hlavní kategorie. Jsou to přepínače maticové a multiplexerové. Následně je možno si zvolit mezi režimy 1-Wire, 2-Wire a 4-Wire. Tyto režimy se liší počtem vodičů, které se přepnou současně. U 1-Wire režimu (Obrázek 2) je celkem 64 kanálů (CH0+ až CH63+) a kterýkoliv z nich může být připojen na výstup COM+. Například na výstupu COM+ může být připojen osciloskop, který bude měřit signál na kanálu, který bude programově sepnutý. Měření je vztaženo ke společné nepřepínané zemi COM- [2].



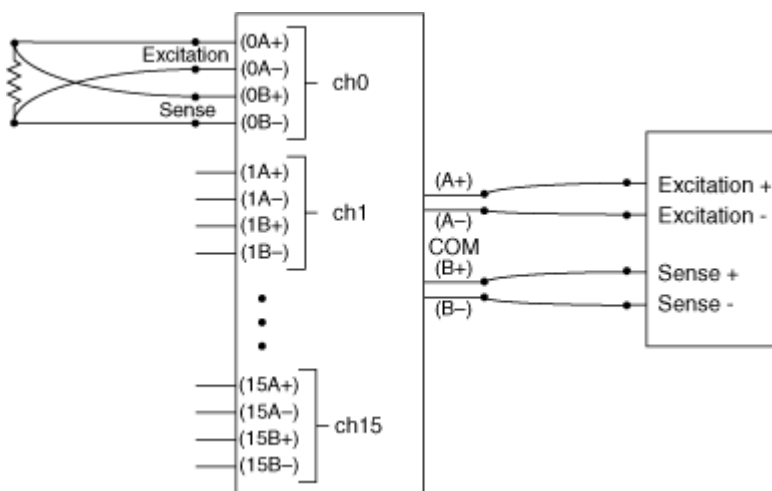
Obrázek 2: Režim 1-Wire [2]

U 2-Wire režimu (Obrázek 3) je celkem 32 kanálů (CH0 - CH31) a kladné i záporné svorky 32 vstupů jsou připojeny k svorkám jediného výstupu. Výhodou 2-Wire režimu možnost využití diferenciálního módu např. vstupů AD převodníku a tím velké potlačení šumu, protože měření není vztaženo k jedné společné zemi [2].



Obrázek 3: Režim 2-Wire [2]

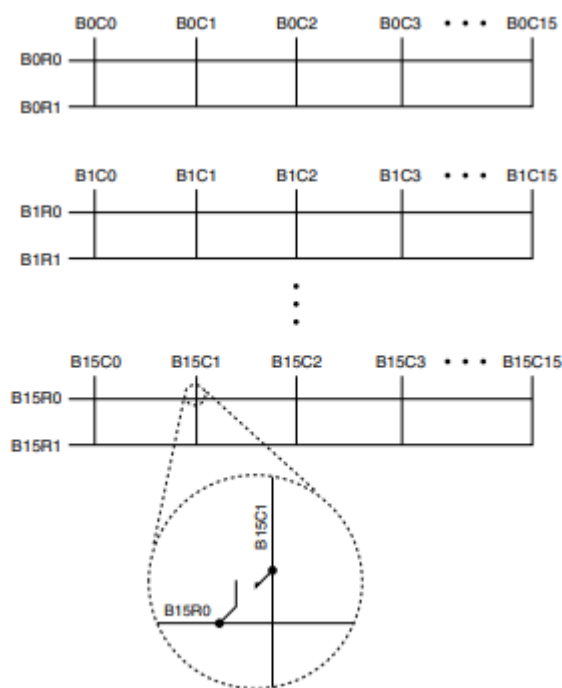
4-Wire režim (Obrázek 4) je vhodný pro čtyřvodičové měření odporu. Dva vodiče slouží pro proudové buzení (Excitation) a další dva vodiče slouží k měření úbytku napětí na rezistoru (Sense) [2].



Obrázek 4: Režim 4-Wire [2]

1.1.1 Maticové přepínače

Maticové přepínače jsou přepínače, které mají vnitřní topologii uspořádanou do řádků a sloupců (Obrázek 5). Poskytují maximální flexibilitu přepínacího systému tím, že umožňují připojit jakýkoliv kanál k jinému kanálu. Takové přepínače vyráběny firmou NI se nazývají PXI Matrix Switch Module. Firma NI nabízí mnoho maticových přepínačů s různými počty řádků a sloupců. Je možno volit počet řádků od 2 do 16 a počet sloupců od 16 do 136. Teoreticky by se dal vytvořit přepínač až s 2176 uzly, ale reálně vyráběný největší přepínač od firmy NI obsahuje 544 uzlů. Dalším parametrem je režim používání, který se dělí na 1-Wire a 2-Wire. Jedná se tedy o počet vodičů, které budou sepnuty současně. Některé přepínače obsahují oba tyto režimy s možností volby. Přepínací prvky se také dělí do skupin nebo tzv. bank. Toto dělení se používá u přepínačů, které mohou být použity v maticové i multiplexerové topologii. Další volitelné parametry jsou např. typ přepínacího prvku, maximální spínaný proud a napětí. K datu 21. 3. 2020 se cena PXI maticových přepínačů pohybuje od 69 900 Kč do 184 000 Kč [3] [4].



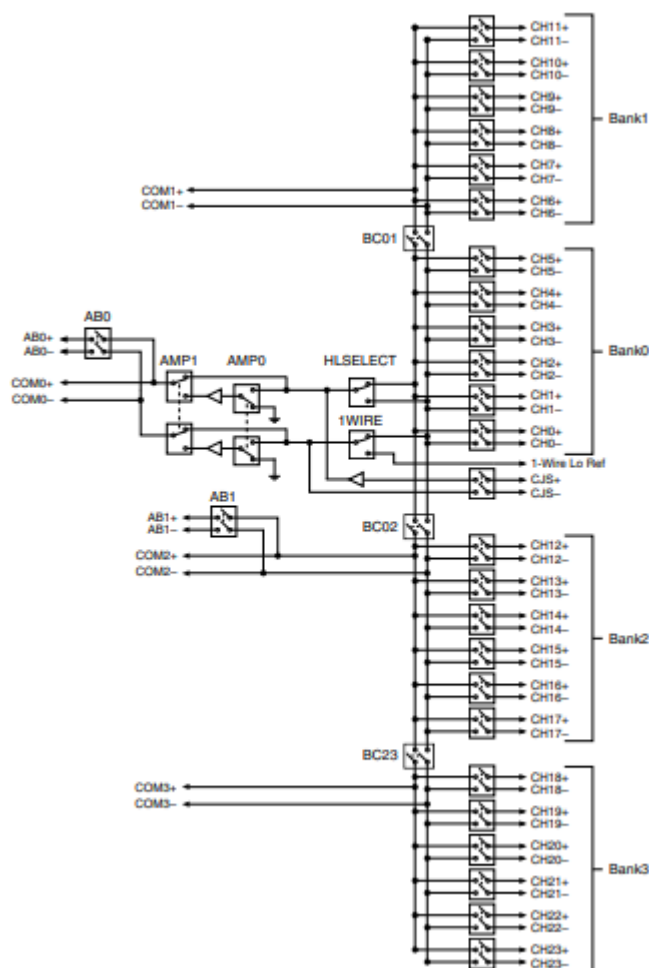
Obrázek 5: Schéma vnitřní logiky maticového přepínače NI PXI/PXIe-2531[4]

1.1.2 Multiplexerové přepínače

Multiplexerové přepínače jsou ideální pro aplikace s vysokým počtem kanálů, které potřebují připojit měřicí přístroje nebo přístroje pro generování signálu k různým testovacím bodům na testovaném zařízení (UUT) (Obrázek 6). Takové přepínače vyráběné firmou NI se nazývají PXI Multiplexer Switch Module. Multiplexerové přepínače od firmy NI jsou nabízeny s počtem 1, 2, 4, 8 nebo 16 bank přepínacích prvků, které je možné přepínat až na 196 jednotlivých kanálů. Samozřejmě NI nabízí různé kombinace počtů bank a samotných kanálů. Tyto přepínače jsou schopny fungovat v 1-Wire, 2-Wire nebo 4-Wire režimu. Například modul NI PXI-2501 je schopen:

- jednovodičově přepínat jeden vstup na 48 výstupů
- dvouvodičově přepínat jeden vstup na 24 výstupů
- dvouvodičově přepínat dva vstupy na 12 výstupů
- dvouvodičově přepínat čtyři vstupy na 6 výstupů
- čtyřvodičově přepínat jeden vstup na 12 výstupů

K datu 21. 3. 2020 se ceny PXI multiplexerových přepínačů pohybují od 26 600 Kč do 67 000 Kč [5] [6].



Obrázek 6: Schéma vnitřní logiky multiplexerového přepínače NI PXI-2501[6]

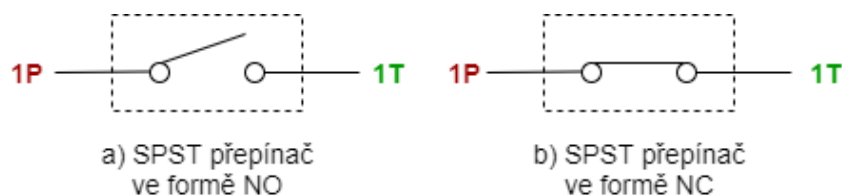
1.2 Přepínací prvky

Přepínací prvky se používají pro spojování a rozpojování elektrických obvodů. Dělí se podle mnoha kritérií, mezi která patří logika přepínání, možnost přepínání, konstrukce a princip funkčnosti.

1.2.1 Standardní možnosti přepínání (SPST, SPDT, DPST, DPDT)

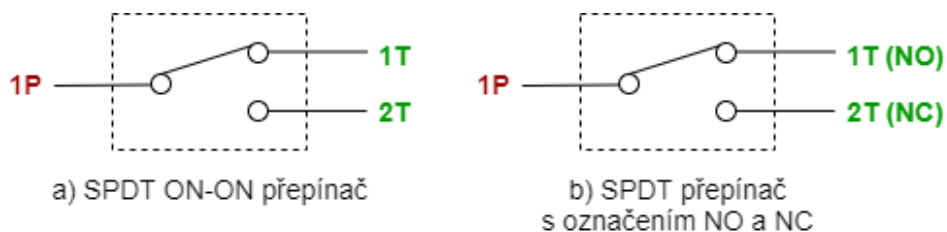
V této kapitole jsou popsány jen standardní nejčastěji užívané přepínače, ale v praxi existuje mnoho dalších druhů přepínačů. Každý přepínač má vždy nejméně dvě svorky. Jedna slouží jako vstup a druhá jako výstup. Čtyři standardní možnosti přepínání se dělí na SPST, SPDT, DPST a DPDT. První dvě písmena ze zkratky označují počet pólů (Single Pole, Double Pole), které určují počet vstupů. To také definuje, mezi kolika samostatnými obvody je přepínač schopen přepínat. Druhá dvě písmena ze zkratky označují počet výstupů (Single Throw, Double Throw), které náleží jedinému vstupu, ke kterému může být připojen.

Prvním typem přepínače je jednoduchý přepínač Single Pole Single Throw (SPST). Jedná se o typ přepínače, který disponuje dvěma stavy. První stav je sepnuto a druhý rozepnuto (ON - OFF). Tento typ přepínače se vyrábí ve formě Normally Close (NC) (Obrázek 7a) nebo Normally Open (NO) (Obrázek 7b). Když je přepínač ve formě NC, tak je v základní poloze (stavu) uzavřen (sepnut) a když je ve formě NO, tak je v základní poloze (stavu) otevřen (rozepnut) [7] [8] [9].



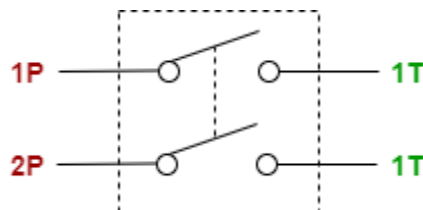
Obrázek 7: SPST přepínač [8]

Druhým typem přepínače je typ Single Pole Double Throw (SPDT) (Obrázek 8a). Tento typ přepínače má jeden vstup, který je přepínán mezi dvěma výstupy. Tento přepínač je nazýván ON-ON, protože obě polohy přepínače znamenají sepnutí některého z výstupů. Speciálním typem tohoto SPDT přepínače je ON-OFF-ON, který se připojuje nejen ke svorkám A a B, ale má i středovou polohu, která není připojena k žádnému výstupu. Samozřejmě na přepínači je označeno, který výstup je NC nebo NO (Obrázek 8b), aby nedocházelo k chybám při zapojování [7] [8] [9].



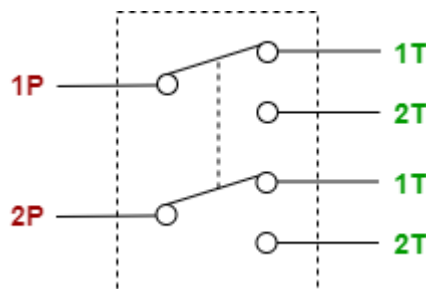
Obrázek 8: SPDT přepínač [8]

Třetím typem přepínače je typ Double Pole Single Throw (DPST) (Obrázek 9). Tento typ přepínače má dva vstupy a ke každému vstupu náleží jeden výstup. Přepínač přepíná obě spojení současně, tedy není možné přepínat každé spojení zvlášť. Tento typ přepínače se využívá například u napájení nějakého zařízení, aby byl sepnut kladný i záporný pól najednou. Dalo by se říct, že tento DPST přepínač je konstruován jako spojení dvou SPST přepínačů, které jsou přepínány současně. Stejně jako u předchozích typů je i zde označení NC a NO [7] [8] [9].



Obrázek 9: DPST přepínač [8]

Posledním typem přepínače je typ Double Pole Double Throw (DPDT) (Obrázek 10). Tento typ přepínače má dva vstupy a každý z nich se přepíná mezi dvěma výstupy. Spojení se přepíná u obou vstupů současně, takže nelze sepnout každý zvlášť stejně jak u typu DPST. Můžeme si přepínač DPDT představit jako dva spínače SPDT v jedné součástce, které se přepínají současně. I u tohoto přepínače DPDT je zaváděné označení NC a NO. Takže 2 kontakty jsou NC a druhé 2 kontakty NO [7] [8] [9].



Obrázek 10: DPDT přepínač
Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.

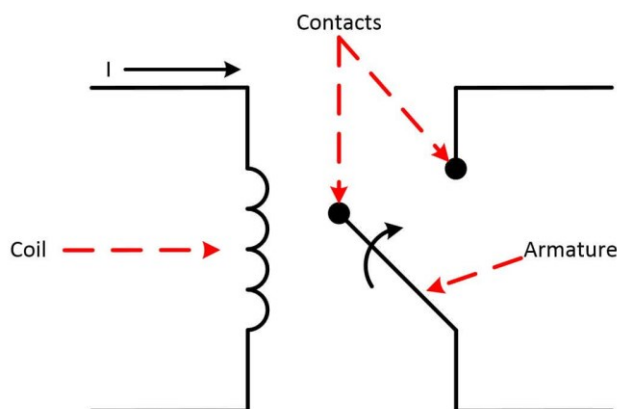
1.2.2 Typy přepínačů

Při výběru přepínače nám nestačí znát jenom logiku a možnosti přepínání, ale také HW varianty. To znamená, na jakém principu funguje přepínání kontaktů a jakou mají konstrukci. Existují různé typy přepínačů, ale čtyřmi nejpoužívanějšími jsou elektromechanická relé, jazýčková relé, solid state (polovodičová) relé a FET přepínače. Při volbě přepínače je velmi důležité důkladně uvážit, pro jaké účely bude daný přepínač využíván, neboť každý typ má svá specifika. Volbu nejvíce ovlivní, co je hlavním požadavkem, zda dlouhá životnost přepínače, vysoká rychlost přepínání, přepínání větších napětí nebo větších proudů, anebo samotná velikost ceny přepínače. V praxi se však používá kombinace všech těchto specifikací pro konkrétní aplikace. Také je důležité si uvědomit, že tyto přepínače obvykle nejsou navrženy a konstruovány

pro přepínání velkých výkonů, ale pro použití při automatizovaném testování nebo měření v průmyslu **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**

1.2.2.1 Elektromechanická relé

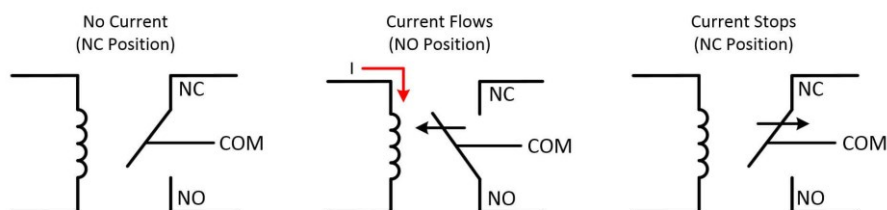
Elektromechanická relé jsou elektricky ovládané přepínače, které spojují dvě části obvodů mechanicky. Jsou konstruována cívkou s jádrem z magneticky měkké oceli, pohyblivou ocelovou kotvou a kontaktem, který je spojován (Obrázek 11). Po připojení cívky k zdroji napětí začne cívkou protékat elektrický proud, který vyvolá v magnetickém obvodu magnetický tok. Magnetický tok vyvolá přitažlivou sílu na kotvu, kotva se přitáhne a kontakt se spojí. Kontakt zůstane sepnutý tak dlouho, jak bude napájena cívka. Po odpojení cívky od zdroje napětí se kotva i kontakt vrátí do původní klidové polohy [7] [8].



Obrázek 11: Schéma elektromechanického relé [8]

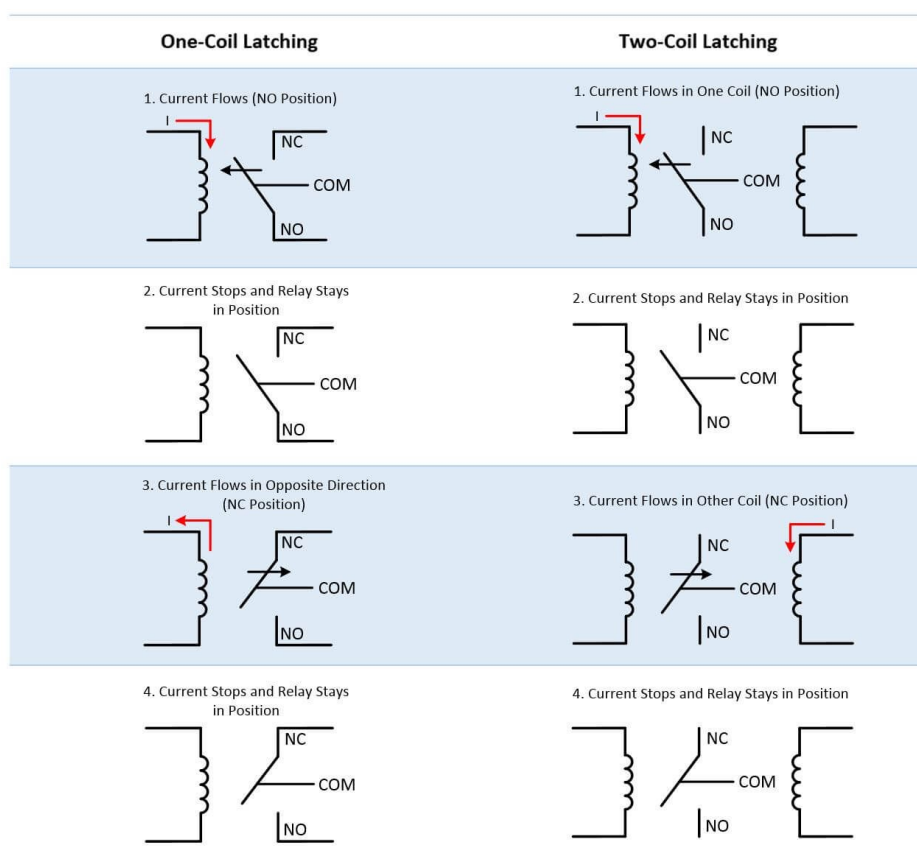
Elektromechanická relé jsou použitelné pro jakékoliv požadavky, co se týče charakteristik signálů. Tyto přepínače je totiž možno použít pro přepínání nízkých nebo vysokých napětí, nízkých nebo vysokých proudů jak DC, tak i AC s frekvencí až GHz. Mají také nízký kontaktní odpor, obvykle mnohem méně než $1\ \Omega$ a mohou tedy zvládat neočekávané rázové proudy a vysoký výkon. Tato výhoda je však na úkor velikosti součástky, která může zabírat velkou plochu na DPS. Elektromechanická relé mají nevýhodu v rychlosti přepínání oproti ostatním typům. Kvůli mechanickému přepínání se vyznačují kratší životností. Tyto přepínače se ještě dělí na typy non-latching a latching [7] [8].

Typ non-latching má definovanou výchozí polohu (Obrázek 12). Pokud je cívka připojena ke zdroji, tak kotva překoná sílu pružiny, je přitáhuta a kontakt sepnut. Jestliže se cívka od zdroje odpojí, tak se kontakt vrátí do původní polohy pomocí pružiny nebo permanentního magnetu. Tento typ přepínače se používá pro aplikace, kde je požadováno vrácení kontaktu do původní polohy po odpojení zdroje [7] [8].



Obrázek 12: Relé typu non-latching [8]

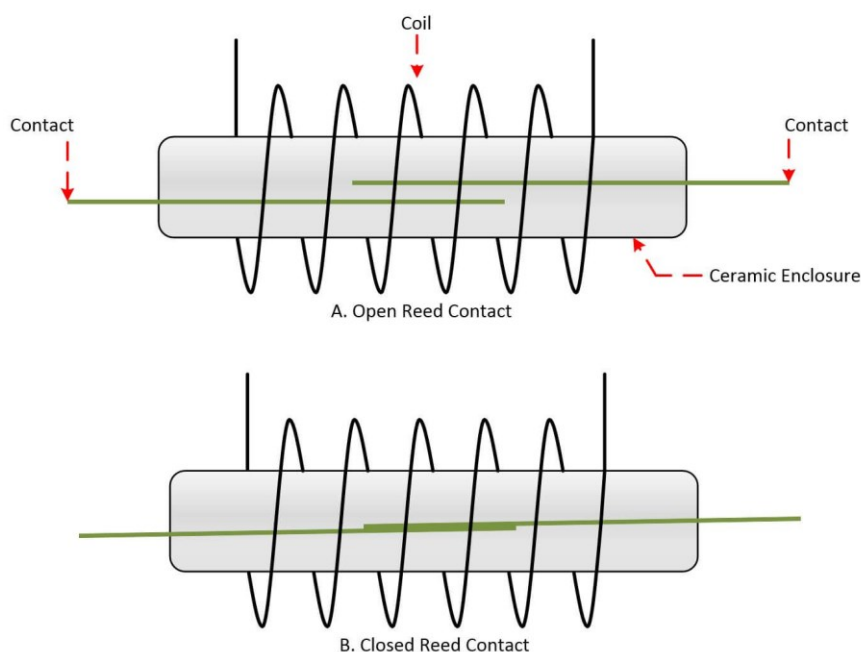
Typ latching nemá definovanou výchozí polohu (Obrázek 13). Přepínač zůstane v poloze, ve které byl naposled. Tento typ je výhodný pro aplikace náročné na spotřebu energie, protože nemusí být připojen ke zdroji po celou dobu sepnutí. Tento typ se vyrábí buď v zapojení s jednou cívkou nebo dvěma. U relé s jednou cívkou se mění stav přepínače podle polarity impulsu. U relé se dvěma cívkami se mění stav pomocí impulsu stejné polarity na vstupech cívek [7] [8].



Obrázek 13: Relé typu latching s jednou cívkou (vlevo) a dvěma cívkami (vpravo) [8]

1.2.2.2 Jazýčková relé

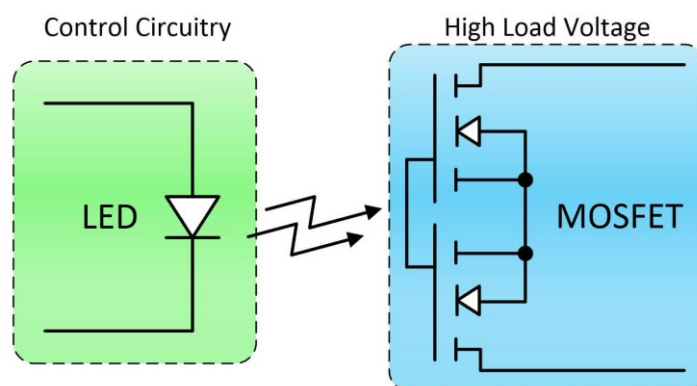
Jazýčková relé jsou relé, která používají elektromagnet nebo cívku k ovládání jednoho nebo více jazýčkových spínačů (Obrázek 14). Jazýčková relé, stejně jako elektromechanická relé, mají fyzické kontakty, které jsou mechanicky ovládány ke spínání nebo rozpínání obvodu. U jazýčkových relé jsou však kontakty mnohem menší než kontakty používané u elektromechanických relé. Jazýčková relé jsou vyrobena z cívek ovinutých kolem jazýčkových spínačů. Tento spínač se skládá ze dvou tenkých překrývajících se feromagnetických jazýčků hermeticky uzavřených uvnitř skleněné nebo keramické kapsle, která je naplněna interním plynem. Když na cívku připojíme napětí, tak obvodem začne protékat proud, který vytvoří magnetické pole. To pak svojí silou spojí oba jazýčky dohromady. Když se cívka odpojí od zdroje napětí, tak se oba jazýčky od sebe odpojí vlivem vlastního pnutí. Jelikož oba jazýčky jsou malé a lehké, tak se mohou jazýčková relé přepínat daleko rychleji než elektromechanická relé. Mají také větší životnost a vyžadují velmi malý výkon. Jsou však náchylná na poškození způsobené obloukem, který vzniká při rázovém proudu. Když vznikne oblouk mezi jazýčky, tak se část kontaktu roztaví, spojí se s druhým jazýčkem a po chvilce vznikne svar. Po odpojení cívky od zdroje se jazýčky nerozpojí vlastním pnutím, protože toto pnutí není dostatečné k rozlomení sváru. Relé tak bude už navždy ve stavu sepnuto a bude nepoužitelné. Tato relé jsou velice často používána díky rychlosti přepínání a malé velikosti samotné součástky [7] [8].



Obrázek 14: Jazýčkové relé rozepnuté (nahore) a sepnuté (dole) [8]

1.2.2.3 *Solid state relé*

Solid state relé (SSR) jsou elektronická relé, která se skládají ze senzoru reagujícího na vstup, polovodičového elektronického spínacího zařízení, které přepíná napájení na obvody zátěže, a ze spojovacího mechanismu umožňující aktivaci řídicího signálu bez mechanických částí. SSR jsou rychlejší alternativou elektromechanických relé, protože jejich spínací doba závisí na době potřebné k zapnutí a vypnutí LED (0,5 - 1 ms). Jelikož neexistují žádné mechanické části, tak je jejich životnost vyšší než u elektromechanických nebo jazýčkových relé. Také jsou méně náchylná na fyzické vibrace než předchozí typy. Nevýhodou však je, že kontaktní odpor pro SSR je větší (1-100 Ω), protože spojení se provádí přes tranzistor. Oproti kovovému spojení u elektromechanických nebo jazýčkových relé. SSR mají tendenci generovat velmi malý hluk, a nejsou tak robustní jako elektromechanická relé. Podobně jako jazýčková relé jsou vysoce citlivá na rázové proudy. Přestože SSR nemá žádné kovové kontakty, které by se mohly svařovat za pomoci oblouku, tak se může poškodit MOSFET, který způsobí poruchu relé. SSR bývají také dražší než jiné přepínače. Mohou být použity jak pro jednotky napětí a miliampér, tak i pro stovky voltů a desítky ampér. Při vysokých proudech se zavádí chlazení, aby nedošlo k přehřátí. Pro oblast měření a testování je SSR označováno jako PhotoMOS relé. Tyto relé jsou konstruovány za použití LED a fotocitlivého MOSFET (Obrázek 15) [7] [8].



Obrázek 15: *Solid state relé* [8]

1.2.2.4 *FET přepínače*

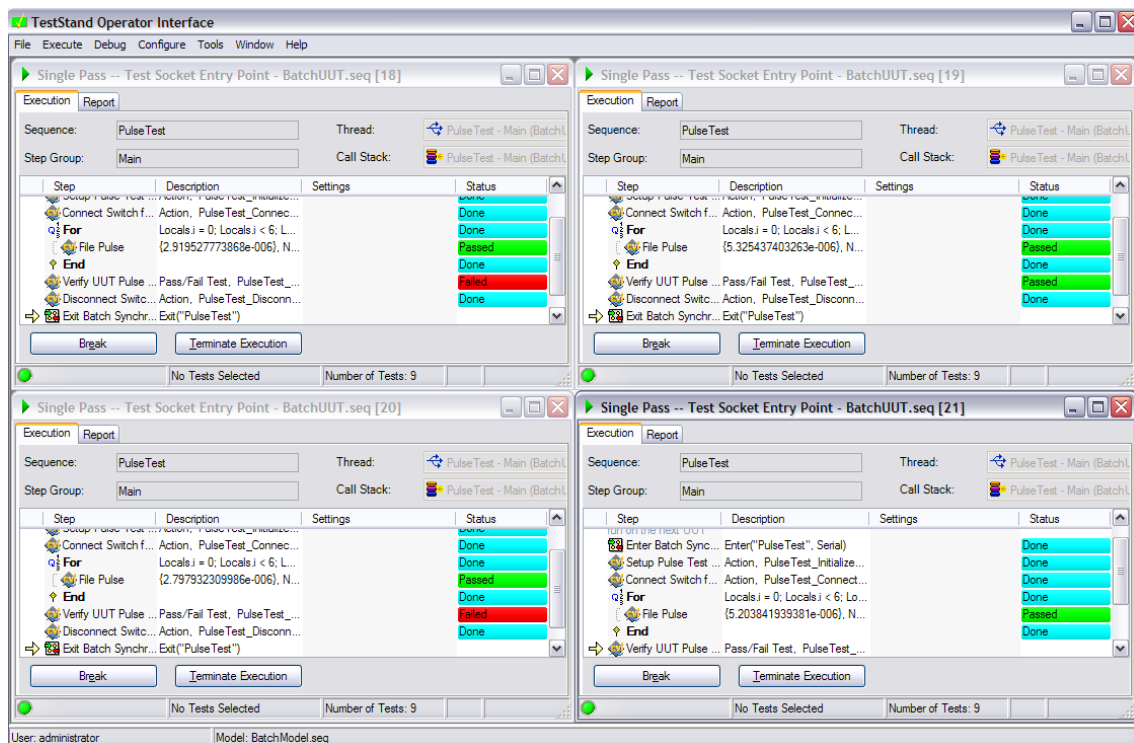
Přepínače FET používají k implementaci přepínání řadu tranzistorů CMOS. Napětí je přivedeno na řídicí obvod Gate, který ovládá řízený obvod Source - Drain. Stejně jako SSR nejsou FET přepínače mechanická zařízení a pro směřování signálů používají tranzistory. Na rozdíl od SSR řídí přímo řídicí obvod Gate. U SSR to bylo realizováno přes řízení LED. Přímé řízení obvodu Gate umožňuje mnohem rychlejší spínací rychlost než u přechodných typů relé. Absence mechanických částí zajišťuje mnohem menší velikost součástky, menší náchylnost na fyzické vibrace a vysokou provozní životnost než elektromechanická nebo jazýčková relé. FET přepínače mají vysoký kontaktní odpor v rozsahu 8-15 Ω a nemají izolaci mezi ovládacím vstupem a spínanými kontakty. To umožňuje použití jen pro signály nízké úrovně [7] [8].

2 Software pro automatizované testování

Pro vývoj SW pro automatizované testování se v praxi používá vývojové prostředí LabVIEW a TestStand někdy v kombinaci s NI Switch Executive. Jestliže programátor nechce využívat NI Switch Executive, který vytváří celé přepínání pro všechny testovací sekvence, tak může využít v LabVIEW knihovnu NI SWITCH. Knihovna NI SWITCH umožňuje pracovat se jednotlivými uzly přepínače.

2.1 TestStand

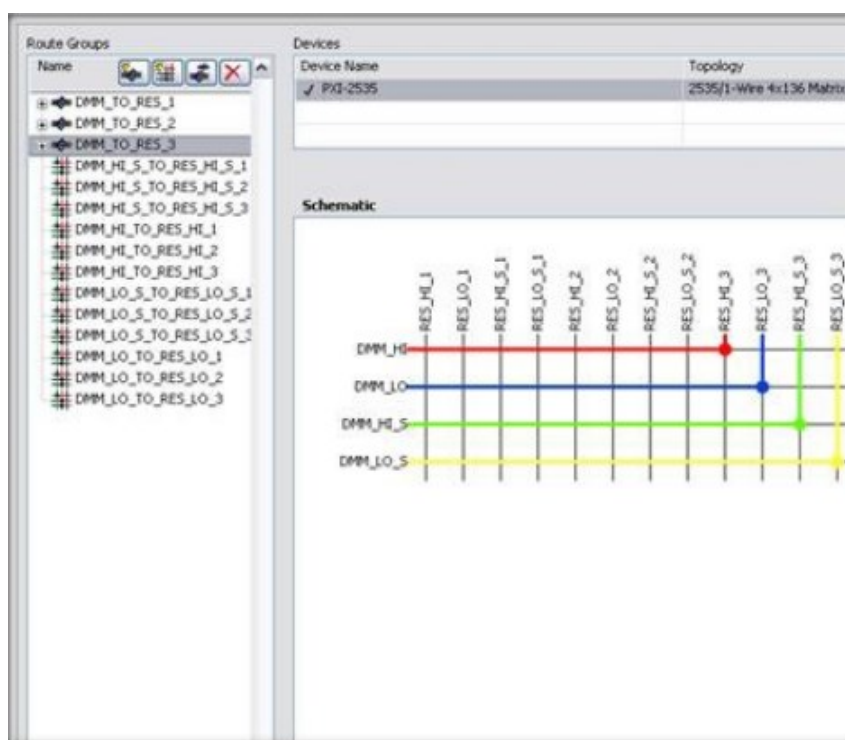
TestStand je aplikační software, který pomáhá testovacím technikům rychle vytvářet automatizované testovací a ověřovací systémy (Obrázek 16). Za pomoci TestStand je možno vytvářet sekvence, které automatizují celé testování a mají integrované kódové moduly pro dílčí testy napsané v různých programovacích jazycích např. LabVIEW, C/C++, NET nebo Python. TestStand poskytuje rozšiřitelné pluginy pro vytváření reportů, protokolů a databází s testovacími daty pro následnou analýzu. Testovací data je možné ukládat ve standartních formátech ATML, XML, HTML a TXT [10].



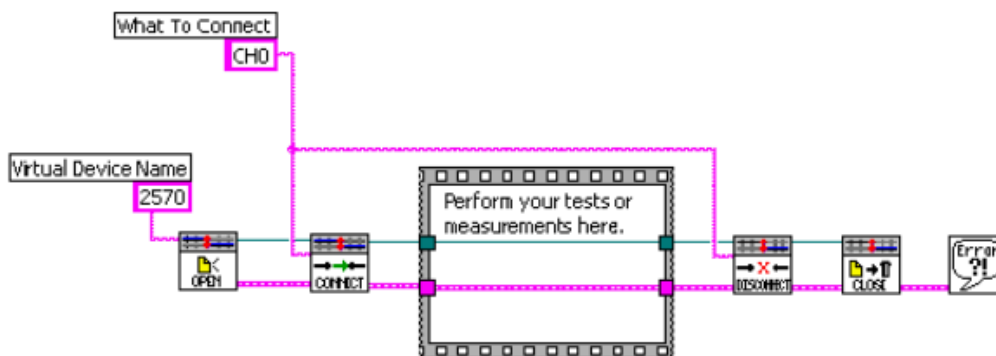
Obrázek 16: Aplikační software TestStand [11]

2.2 NI Switch Executive

NI Switch Executive je inteligentní aplikace pro správu přepínačů a směrování signálů, která nabízí nejnovější spínací software pro systémy s automatickým testováním (ATE). Jedná se o software, který poskytuje zvýšení produktivity interaktivním konfigurováním a pojmenováním přepínacích modulů, externích připojení a signálních tras. Tento software zkracuje dobu vývoje a zjednodušuje ovládání přepínačů, čímž snižuje náklady na testování. Také urychluje vývoj systému přepínačů pomocí intuitivního konfiguračního prostředí, ve kterém je možno vytvářet virtuální zařízení. Výsledná nakonfigurovaná propojení (Obrázek 17) je možno využít několika způsoby. První možností je využití přímo v LabVIEW. Pro práci s daty z NI Switch Executive je nutné vytvořit základní řetězec (Obrázek 18), který je obdobný jako základní řetězec u NI VirtualBench. NI Switch Executive má v LabVIEW vlastní knihovnu s funkcemi, které umožňují využívat nakonfigurovaná propojení. První funkcí je niSE Open Session, která má požadovaný vstup Virtual Device Name označující soubor z NI Switch Executive s nakonfigurovanými propojeními. U niSE Open funkce je výstupem reference a chybový klastr, který propojuje všechny ostatní funkce z knihovny. Další funkcí je niSE Connect, která má jako vstup cestu nebo více cest v souboru z NI Switch Executive. Následná Flat Sequence je určená pro testovací kód, který proběhne při daném sepnutí přepínače. Po dokončení testování je cesta odpojena pomocí funkce niSE Disconnect. Následně dojde k odpojení i od hlavního souboru z NI Switch Executive pomocí funkce niSE Close Session, kdy se celá reference ukončí a dojde k vyhlášení chyb, pokud při běhu programu nějaké nastaly [12] [13].

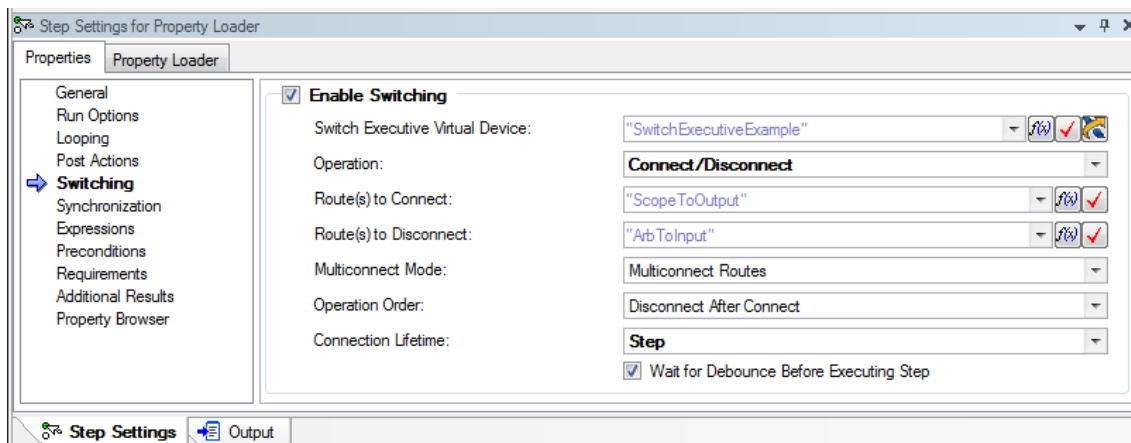


Obrázek 17: Nakonfigurovaná propojení v NI Switch Executive [12]



Obrázek 18: Základní řetězec pro práci s daty z NI Switch Executive v LabVIEW [13]

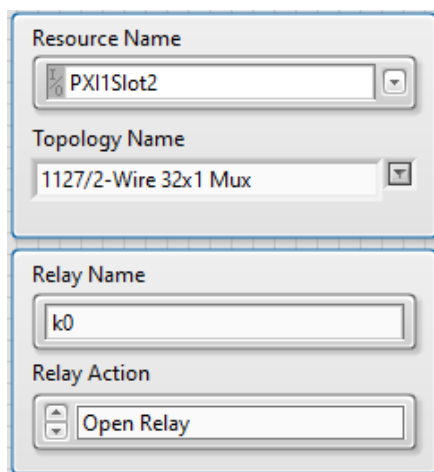
Druhým způsobem využití je v NI TestStand. V softwaru TestStand to funguje tak, že se otevře NI Switch Executive Virtual Device, který označuje hlavní soubor s nakonfigurovanými cestami (Obrázek 19). Pomocí Routes to Connect je možné vybrat konkrétní cesty nebo více cest, které budou v danou chvíli propojeny. Přidáním dalších testovacích souborů naprogramovaných v podporovaných programovacích jazycích do jednoho celku, vznikne přehledné automatizované testování [14].



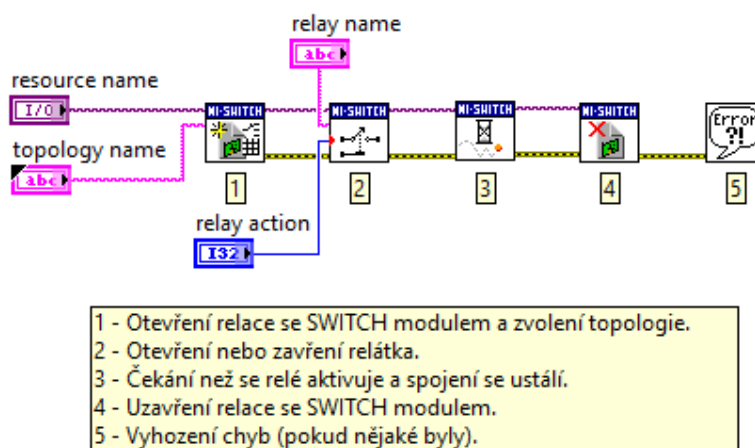
Obrázek 19: Zvolení souboru z NI Switch Executive s nakonfigurovanými cestami a výběr konkrétních cest v softwaru TestStand [14]

2.3 Knihovna NI SWITCH

Knihovna NI SWITCH obsahuje mnoho funkcí pro ovládání a konfiguraci jednotlivých uzlů přepínače. Tato knihovna obsahuje funkce, jako jsou volba přepínače a topologie, spojení dvou kanálů, zvolení a akce samotného relé atd. Prvním příkladem je VI pro zvolení konkrétního relé přepínače a typ jeho akce (Obrázek 20). Tento řetězec začíná funkcí niSwitch Initialize, ve které je možné nastavit topologii a otevření relace s přepínačem. Další funkcí je niSwitch relay control, která umožňuje vybrat konkrétní relé a zvolit, zda bude otevřeno nebo zavřeno. Následuje čekání na ustálení spojení po akci relé, ukončení relace s přepínačem a vyhlášení chyb, pokud nějaké během řetězce nastaly (Obrázek 21).

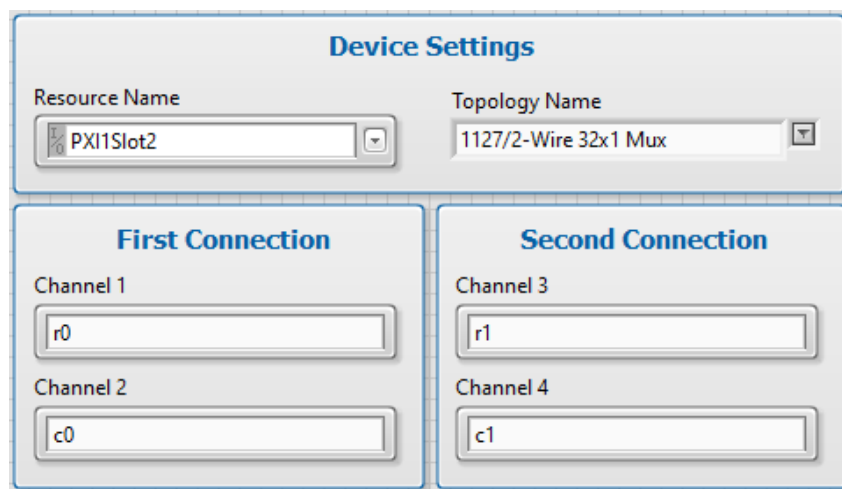


Obrázek 20: Front Panel VI pro ovládání konkrétního relé

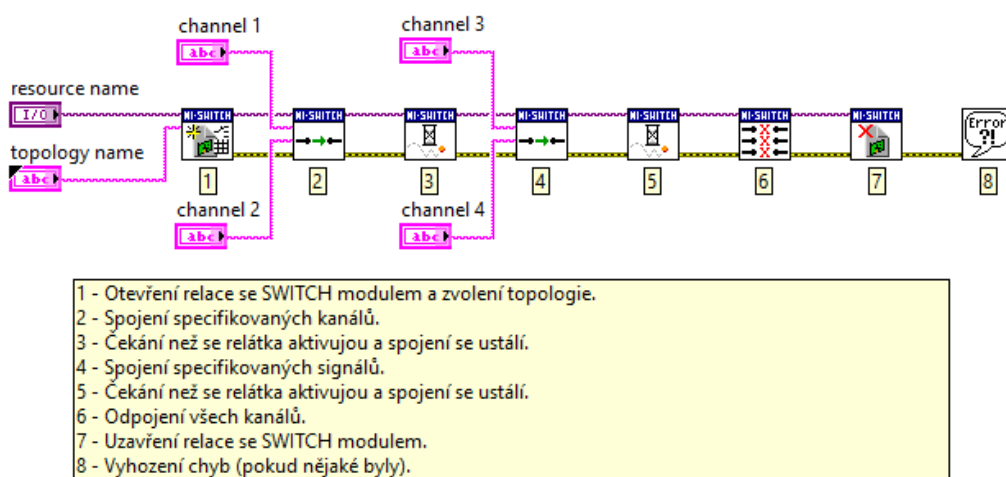


Obrázek 21: Řetězec pro práci s konkrétním relé přepínače vytvořený pomocí funkcí z knihovny NI SWITCH

Druhým příkladem je zvolení řádků a sloupců (ve VI nazýváno kanály) a jejich následné spojení, které je možné použít jen pro přepínače s maticovou topologií (Obrázek 22). Tento řetězec začíná funkcí niSwitch Initialize, ve které je možné nastavit topologii a otevření relace s přepínačem. Další funkcí je niSwitch Connect Channels, která umožňuje vybrat řádek a sloupec, které budou spojeny. Následuje čekání na ustálení spojení po akci relé, druhé zvolení spojení řádku a sloupce, další čekání po akci relé. Dále následuje odpojení všech kanálů, které je volitelné, ukončení relace s přepínačem a vyhlášení chyb, pokud nějaké během řetězce nastaly (Obrázek 23).



Obrázek 22: Front panel pro ovládání dvou spojení přepínače



Obrázek 23: Řetězec pro práci s vícero relé přepínače vytvořený pomocí funkcí z knihovny NI SWITCH

3 NI VirtualBench

NI VirtualBench obsahuje pět nejčastěji používaných přístrojů sloučených do jednoho přístroje. V kombinaci s moderním softwarem a jednoduchým programovacím rozhraním vytváří nové možnosti pro techniky, kteří pracují s testovacím zařízením na počítači nebo vyvíjejí automatizované testovací systémy. Společnost NI nabízí tři HW varianty VirtualBench, které se od sebe liší analogovou šířkou pásma, počtem kanálů osciloskopu a samozřejmě také cenou. Tyto HW varianty je možné použít v široké škále aplikací, a také k charakterizaci HW při ladění automatizovaných testovacích systémů [15].

3.1 Hardware

VirtualBench-8012 (Obrázek 24) je přístroj typu vše v jednom, který lze jednoduše propojit s PC přes USB rozhraní nebo Wi-Fi. Spojuje v jediném zařízení:

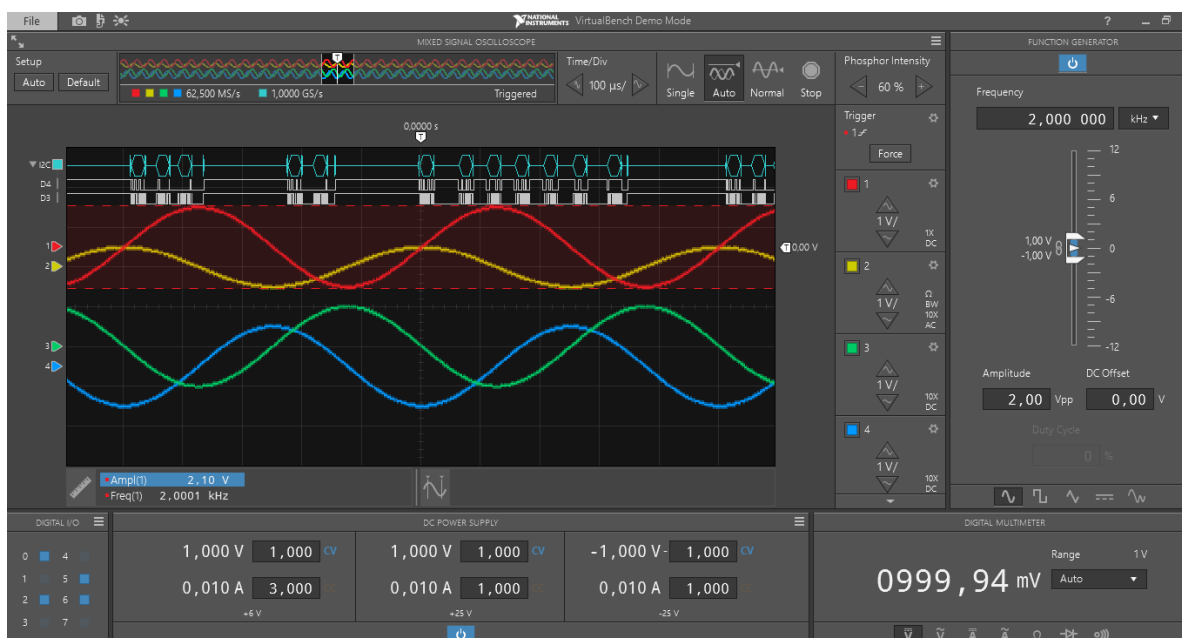
- osciloskop se smíšenými signály (2 analogové kanály a 34 digitálních)
- funkční generátor s nastavitelným tvarem signálu
- digitální multimetr
- 8 digitálních vstupů/výstupů s TTL/LVTTL logikou
- programovatelné zdroje stejnosměrného napětí (+6 V, +25 V, -25 V) [15]



Obrázek 24: Přístroj VirtualBench-8012 [15]

3.2 Software

Společnost NI nabízí jednotné SW rozhraní pro VirtualBench (Obrázek 25). Toto rozhraní lze ihned použít bez dalšího programování a je vhodné pro testování možností přístroje. Pro základní užití těchto přístrojů je SW rozhraní dostačující. Při jejich kombinování a rozšíření ve složitějších aplikacích je nutné použít programovací jazyky jako je LabVIEW nebo Python [15].



Obrázek 25: SW rozhraní pro VirtualBench

4 Programovací prostředí LabVIEW

4.1 Základní informace

LabVIEW je programovací prostředí od společnosti NI, které využívá k vytváření aplikací grafický jazyk, jinak také G jazyk nebo anglicky Graphical Language. Na rozdíl od textově orientovaných programovacích jazyků, jako je C++ nebo C#, tvorba kódu neprobíhá psaním řádků pod sebe, ale sestavováním programů z různých grafických bloků, které se propojují vodiči a plní určitou funkci. Tento programovací jazyk je určitě výrazně jednodušší pro uživatele, kteří nemají zkušenosti s textově orientovaným programovacím jazykem. Tento typ programování připomíná spíše grafickou realizaci vývojového digramu. Pro programátora je tak mnohem jednodušší přenos do programovacího jazyka. I člověk, který nikdy neprogramoval v C++ nebo C# je schopen vytvořit aplikaci v LabVIEW. Stačí když si uvědomí, jak daná aplikace má fungovat a sestavit ho jako diagram [16] [17].

4.2 Programování

Při programování v LabVIEW má programátor k dispozici dvě okna. První okno je čelní panel a druhé je blokový diagram. Čelní panel může obsahovat různé ovládací prvky, ručičkové indikátory, grafy, tlačítka, nastavitelné knoflíky, textové panely a mnoho dalších. Tyto všechny prvky budou přístupné konečnému uživateli, který bude nastavovat a měnit hodnoty všech ovládacích prvků a sledovat vypočtené nebo změřené hodnoty na indikátorech nebo v grafech. Také může například vypočtené hodnoty uložit do souboru. Z pohledu programování se čelní panel nazývá GUI, které musí být uživatelsky příjemné, a ne příliš extravagantní. Čelní panel hlavně musí obsahovat jen to, co konečného uživatele opravdu bude zajímat. Druhým oknem je blokový digram, který vidí jen programátor. Prostřednictvím diagramu programátor vytváří vlastní program. V tomto okně je obrovská škála možností, jak daný program vytvořit a jaké bloky v něm použít, počínaje od jednoduchých výpočtů, zpracování polí naměřených dat, komunikace mezi PC a přístroji po sběrnici, až po měření dat z měřicích karet či zařízení. Když je čelní panel i blokový diagram dokončen, tak se uloží jako jeden soubor s příponou VI, což je zkratka pro "Virtual Instrument". Vyplývá to ze skutečnosti, že čelní panel zastává stejnou funkci jako reálný měřicí přístroj [16] [17].

Programátor má k dispozici velké množství funkcí v knihovnách, které jsou reprezentovány tzv. paletami, které se ještě dělí do podskupin s funkčními bloky, kterých je nespočet. Dané bloky jsou rozděleny do sekcí, které lze vyhledat velice snadno a rychle. Mezi hlavní sekce patří paleta matematických operací, logických operací, smyčky, struktury atd. Základní funkce lze samozřejmě rozšířit o toolkity (doplňkové SW se speciálním zaměřením), které programátor může využít ve svém programu. V LabVIEW existuje funkce Search Palette, která usnadňuje vyhledávání bloků. LabVIEW nabízí nejčastěji používané datové typy např. integer, double, boolean nebo string, ale také nabízí vytvoření pole těchto datových typů, které se nazývá cluster. V textově orientovaných jazycích se vykonávají instrukce v pořadí, v jakém byly napsány. V LabVIEW je to realizováno jinak. Zde se funkční bloky vykonají tehdy, když mají na

všech vstupech platná data. Nejčastěji používaným řízením sekvence programu je buď Flat Sequence nebo Error Cluster. V LabVIEW by se mělo dodržovat několik pravidel, které sice nejsou syntaktickou chybou, ale je to důležité pro zachování čitelnosti programu pro jiné programátory. První pravidlo říká, že pokud je program dostatečně složitý, tak se z části kódu nebo algoritmů vyskytujících se opakovaně vytvoří SubVI, které je programátorovi vždy lehce dostupné dvojklikem na dané SubVI. Druhé pravidlo je dodržení datového toku u funkčních bloků, SubVI i samotného programu. Funkční bloky a SubVI by měly mít vstupy do bloku shora a zleva a výstupy z bloku zprava a zdola. Samotný datový tok programu by měl být vizuálně zleva doprava a shora dolů [16] [17].

4.3 Propojení LabVIEW s VirtualBench

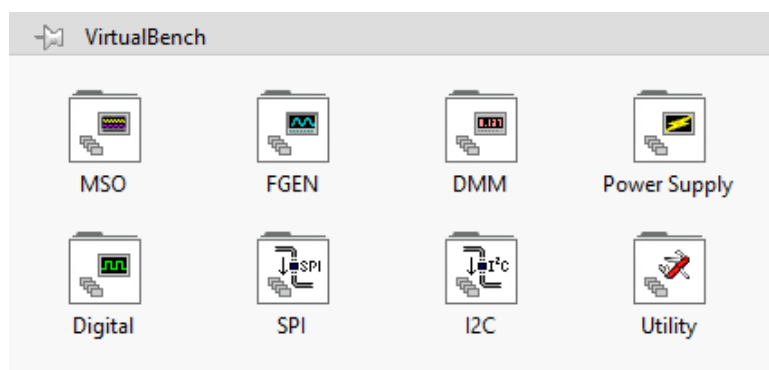
V LabVIEW je možné automatizovat laboratorní úlohy s VirtualBench a analyzovat, zobrazovat a zaznamenávat výsledky v jediném vývojovém prostředí. Softwarové ovladače pro VirtualBench umožňují tuto konektivitu tím, že slouží jako komunikační vrstva mezi LabVIEW a VirtualBench [18].

4.3.1 SW ovladač VirtualBench

SW ovladač VirtualBench se skládá ze dvou klíčových komponent: ovladače zařízení a programovacího rozhraní aplikačních nástrojů (API). Ovladač zařízení pracuje s operačním systémem počítače a navazuje komunikaci mezi počítačem a VirtualBench. Instrument API je sada srozumitelných funkcí, které se používají v LabVIEW k řízení a komunikaci s přístrojem. To znamená, že je programátor se může soustředit na nastavení měření a získání správných dat, aniž by musel ručně řešit, jak jsou měřená data přenášena zpět do programu [18].

4.3.2 Toolkit VirtualBench

Rozhraní k přístroji VirtualBench se nativně integruje do LabVIEW po instalaci SW ovladače, což poskytuje paletu pro snadný přístup k funkcím. Konfigurace a ovládání přístrojů VirtualBench v LabVIEW se dělá jednoduchým přetažením funkcí do blokového diagramu. Paleta VirtualBench obsahuje pro každý přístroj rozhraní API a další rozhraní pro komunikaci. Jsou umístěna na paletě funkcí pod Measurement I/O -> VirtualBench (Obrázek 26) [18].

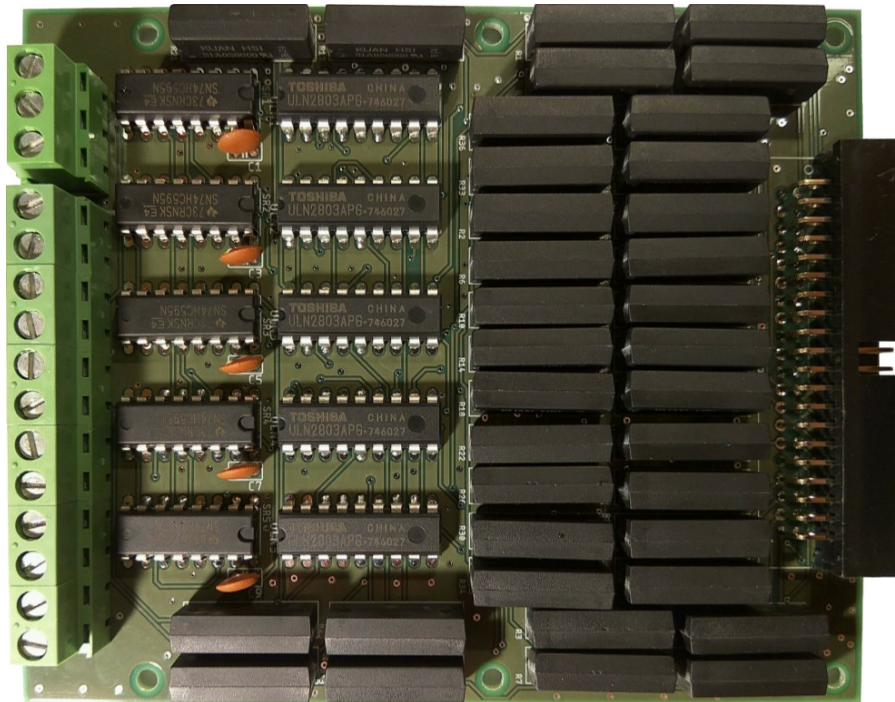


Obrázek 26: Paleta pro ovládání VirtualBench v LabVIEW [18]

5 Laboratorní signálový přepínač

Tento laboratorní signálový přepínač mi byl poskytnut pro realizaci této bakalářské práce, která se zabývá paralelním testováním. Jedná se o multiplexerový přepínač obsahující 36 uzlů s jazýčkovými relé. Má devět vstupních kanálů a každý z nich je schopen přepínat mezi čtyřmi výstupními kanály. V této bakalářské práci je však využito jen sedm vstupů a zbylé dva jsou nevyužité. Přepínač je realizován jako samostatná DPS, aby byl znovu použitelný pro jiné projekty nebo bakalářské práce (Obrázek 27). Bez tohoto přepínače by paralelní testování bylo velice nákladné, protože by ke každému výrobku (UUT) musely být připojeny měřicí přístroje a napájecí zdroje. Hlavními výhodami přepínače u automatizovaného testování jsou:

- měření jediným přístrojem ve více měřicích bodech
- napájení více napájecích bodů jediným zdrojem signálu
- při vhodném ovládní zkracuje čas testování



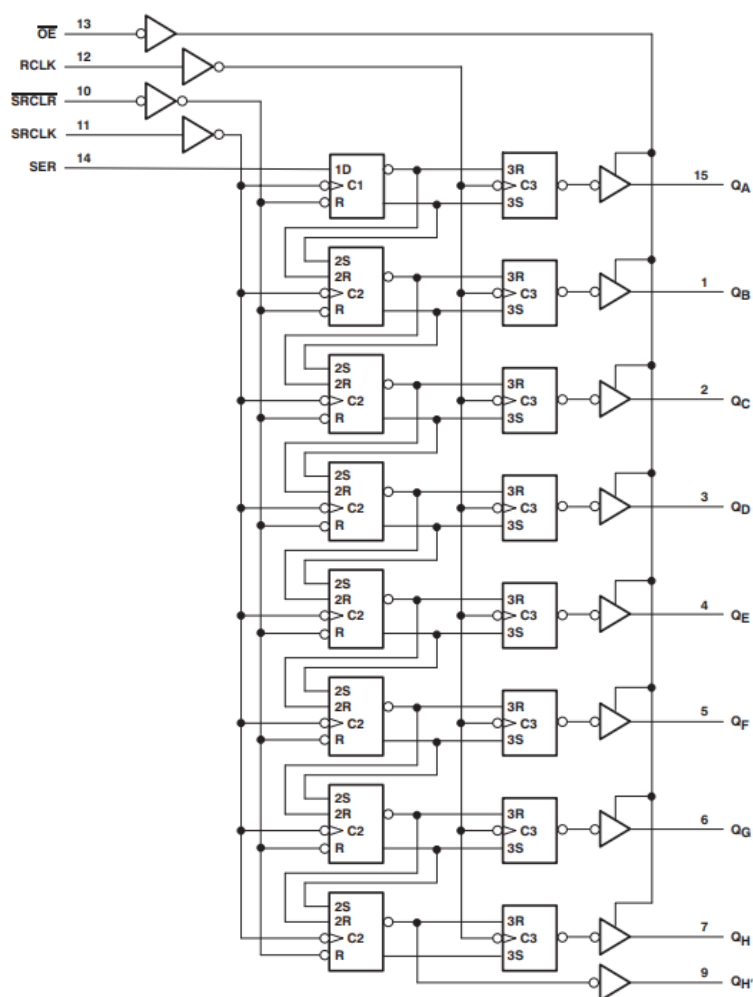
Obrázek 27: DPS laboratorního signálového přepínače

Laboratorní signálový přepínač je ovládán pomocí vstupy SER, RCLK a SRCLK. Toto jsou vstupy posuvných registrů typu SIPO. Umožňují sériově posílat bitovou informaci vstupem SER s hodinovým signálem SRCLK do registrů a poté ji poslat na výstup registrů pomocí vstupu RCLK.

5.1 Posuvný (shift) registr

Posuvný registr je elektronická součástka, která umožňuje uchovávat a posouvat binární informace. Posuvné registry je možné dělit na čtyři různé typy podle pohybu dat:

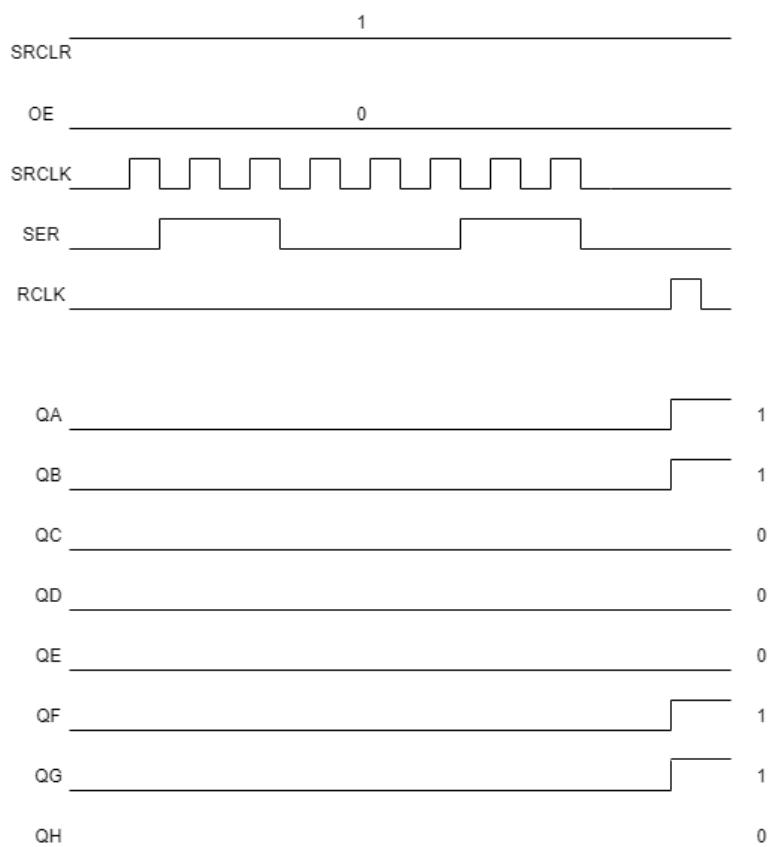
- **Serial-in to Parallel-out (SIPO)** - na vstup registru jsou data načítaná sériově, jeden po druhém, a na výstupu jsou data dostupná všechny v jeden okamžik.
- **Serial-in to Serial-out (SISO)** - na vstupu i výstupu jsou data v sérii za sebou. Tento typ posuvného registru se používá jako dočasná paměť nebo zpožďovací linka.
- **Parallel-in to Serial-out (PISO)** - na vstup jsou načtena všechna data v jeden okamžik a na výstupu jsou vyčítaná bit po bitu.
- **Parallel-in to Parallel-out (PIPO)** - na vstup jsou data načtena paralelně a jsou přenášena na své příslušné výstupy se stejným CLK [20].



Obrázek 28: Vnitřní logika posuvného registru SN74HC595 [19]

Na laboratorním přepínači jsou použity 8bitové posuvné registry typu SIPO (Obrázek 28). Tento typ registru je ovládán pomocí pěti vstupů: SER, SRCLK, SRCLR, RCLK, OE. Avšak na samotném laboratorním přepínači jsou vstupy jen tři: SER, SRCLK a RCLK. Vstup SER je sériový vstup, pomocí kterého jsou posílána data bit po bitu do registru. Vstup SRCLK je hodinový vstup registru. Vstup RCLK je hodinový vstup paměti. Data ze vstupu na výstup registru se přenáší na vzestupnou hranu hodinového vstupu SRCLK. Vstup OE, který slouží k povolení výstupu je pevně připojen k log. 0 (GND), aby výstupy byly nepřetržitě povoleny. Další vstup je SRCLR, který po přivedení log. 0 maže obsah posuvného registru. Tento vstup se také nepoužívá, protože data v registru nemusí být mazaná, ale mohou být jednoduše přepsána sekvencí dalších dat. Takže vstup SRCLR je pevně připojen k log. 1 (+5 V) [20].

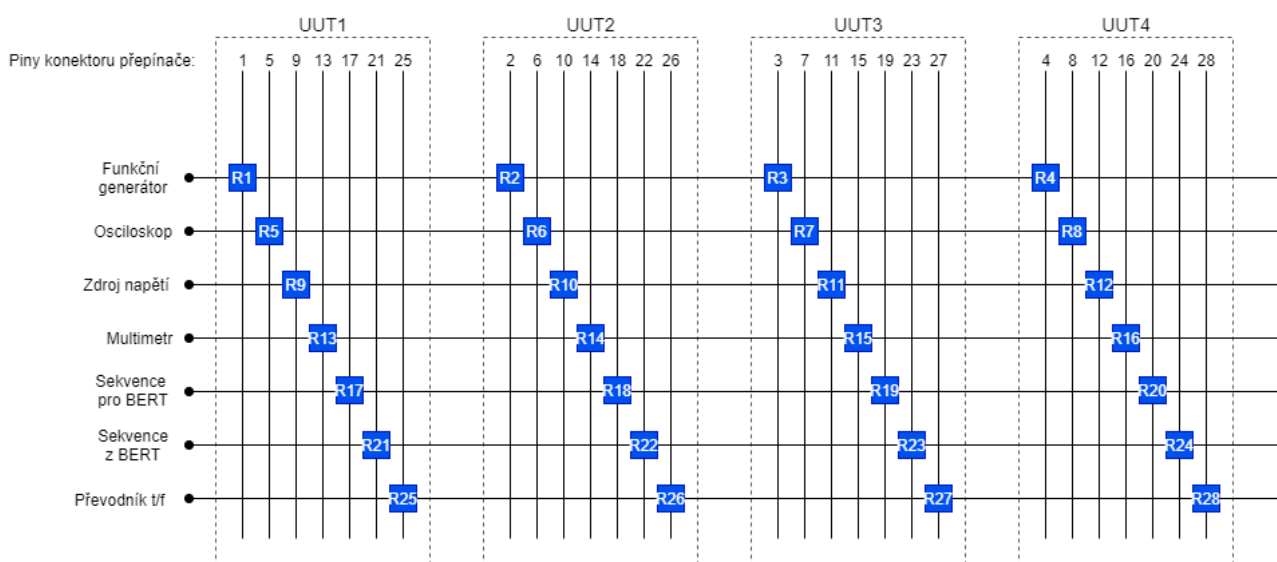
Když bude na vstupu SER log. 1, tak se přenese na první výstup QA s vzestupnou hranou SRCLK. S další vzestupnou hranou se log. 1 přenese na druhý výstup QB a zároveň se přenese nový bit ze vstupu na výstup QA. To se stále opakuje pořád dokola. Tyto načtená data, která jsou uložena v dočasné paměti jsou následně poslána na výstupy QA až QH po přivedení log. 1 na vstup RCLK (Obrázek 29) [20].



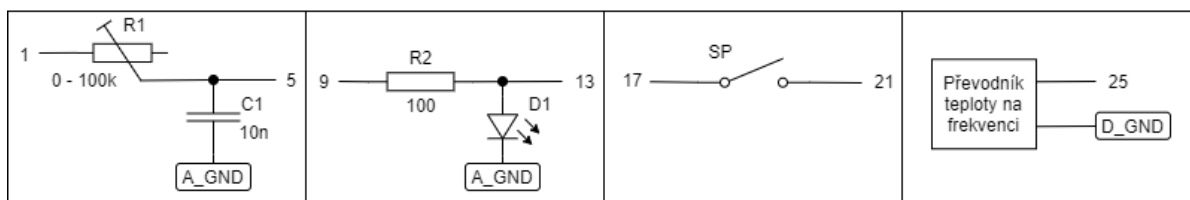
Obrázek 29: Ukázka práce s daty v posuvném registru

5.2 Funkce přepínače

Na vstupech jsou vysílány napájecí signály (např. funkční generátor, zdroj napětí) nebo jsou přijímány měřené signály (např. osciloskop, multimetr). Přepínač má 28 využitých výstupů, které jsou přes konektor připojeny ke čtyřem UUT na testované DPS (Obrázek 30). Ze strany testované DPS jsou výstupní piny přepínače přímo připojeny k testovaným modulům na UUT (Obrázek 31). Ovládání přepínače je realizováno za pomoci tří vstupů SER, RCLK a SRCLK. Tyto vstupy vedou do SIPO posuvných registrů viz. kapitola 5.1. Výstupy z posuvných registrů jsou přivedeny na vstupy tranzistorových polí, které v sobě mají tranzistory v darlingtonově zapojení a tyto již spínají samotná jazýčková relé. Všechny napájecí piny posuvných registrů jsou opatřeny blokovacími kondenzátory, aby nedošlo k rušení napájecí větve, kvůli překlápění logických úrovní. Laboratorní přepínač samozřejmě obsahuje vstupy pro napájení +5 V a GND.



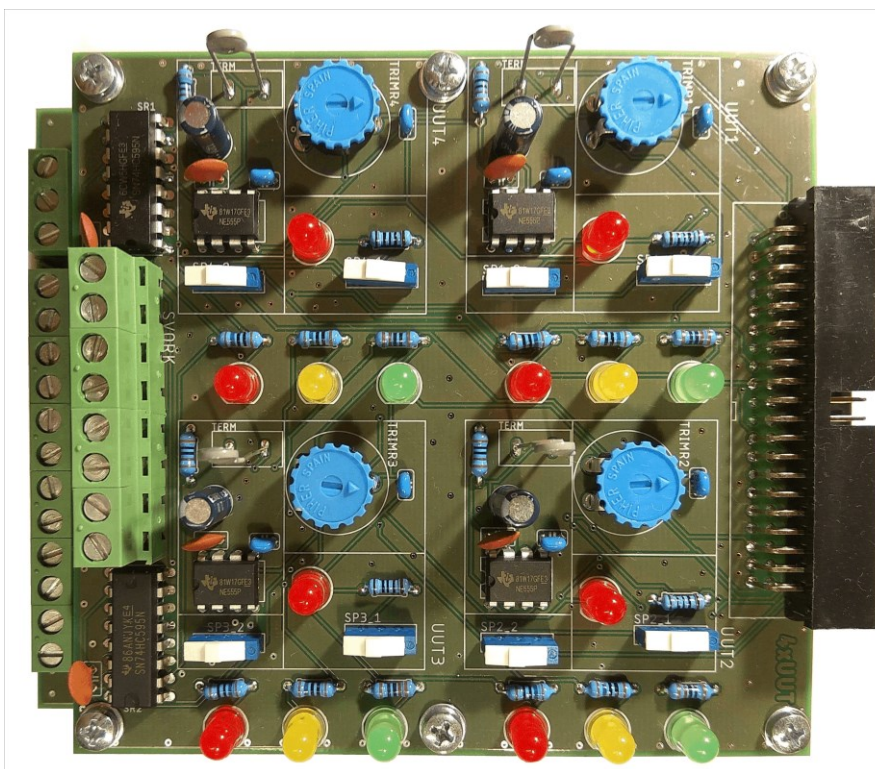
Obrázek 30: Logika laboratorního přepínače využitá v této bakalářské práci



Obrázek 31: Piny konektoru přepínače připojené k testovaným modulům na UUT1

6 Testovaný výrobek

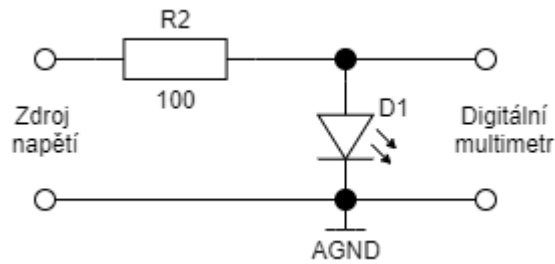
Tato testovací DPS mi byla poskytnuta pro realizaci této bakalářské práce. Na této DPS je vidět rozdělení na čtyři totožné testovací výrobky (UUT) (Obrázek 32). Všechny tyto UUT jsou obsahují LED, RC článek typu dolní propust, BERT a převodník teploty na frekvenci s integrovaným obvodem NE555 v zapojení jako astabilní klopný obvod s NTC termistorem. Ke každému UUT jsou přidány tři indikační LED v barvách zelené, žluté a červené. Tyto LED slouží k HW indikaci toho, zda je výrobek podrobován testu bez toho, aby obsluha musela sledovat výsledky v testovací aplikaci. Pokud zrovna probíhá testování, tak svítí LED žluté barvy. Po dokončení testu se u každého testovaného UUT rozsvítí buď červená nebo zelená LED. Zelená LED indikuje OK UUT a červená barva NOK UUT. Pokud jeden modul na testovaném UUT je vyhodnocen jako NOK, tak je celé UUT vyhodnoceno jako NOK.



Obrázek 32: DPS s testovanými výrobky (UUT)

6.1 LED

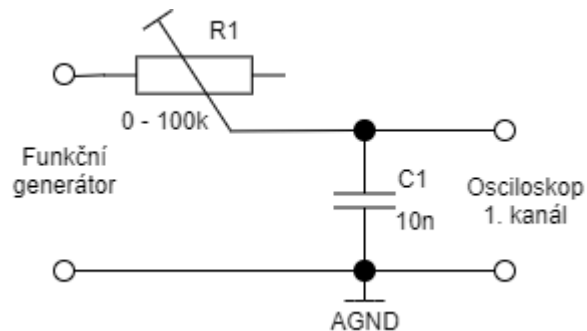
Prvním modulem na testovaném UUT je červená 5mm LED s předřadným odporem 100Ω (Obrázek 33). Úkolem je změřit V-A charakteristiku této LED a porovnat se správnými hodnotami V-A charakteristiky. Pokud daná charakteristika nebude spadat do limitů, kdy se považuje LED za OK, tak bude vyhodnocena jako NOK.



Obrázek 33: Zapojení pro měření V - A charakteristiky LED

6.2 RC článek typu dolní propust

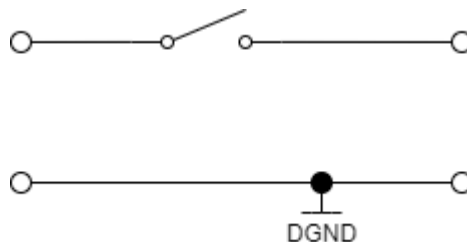
RC článek typu dolní propust je realizovaný pomocí lineárního otočného trimru 0-100 k Ω a keramického kondenzátoru 10 nF (Obrázek 34). Úkolem je změřit logaritmicky amplitudovou frekvenční charakteristiku s frekvencí řezu 318 Hz, která nastane při stavu, kdy se trimr nachází ve středové pozici (cca 50k Ω). Jestli-že je trimr z této pozice vychýlen, tak se změní frekvence řezu a test RC článek vyhodnotí jako NOK.



Obrázek 34: Zapojení pro měření logaritmické amplitudové frekvenční charakteristiky RC článu

6.3 BERT

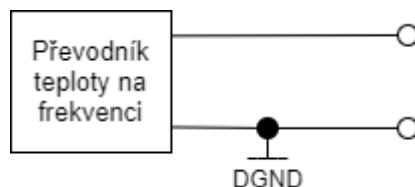
Bit Error Rate Test neboli zkráceně BERT obsahuje pouze posuvný přepínač (Obrázek 35), do kterého je posílána sekvence bitů a na výstupu se hlídá, zda sekvence dorazila stejná. Pokud přijatá sekvence nedorazila stejná, jako vyslána, tak je BERT vyhodnocen jako NOK. Tato situace simuluje např. přerušení cesty na DPS nebo přerušení vodiče.



Obrázek 35: Zapojení pro BERT

6.4 Převodník teploty na frekvenci

Převodník teploty na frekvenci je realizovaný integrovaným obvodem NE555 v zapojení jako astabilní klopný obvod s NTC termistorem (Obrázek 36). Astabilní klopný obvod je obvod, který nemá ani jeden stabilní stav a neustále se překlápí mezi logickými úrovněmi. Pokud je integrovaný obvod NE555 napájen, tak na výstupu pravidelně generuje obdélníkový signál. Při pokojové teplotě se frekvence signálu generovaného na výstupu pohybuje okolo 4,8 Hz. Při změně teploty se mění frekvence signálu na výstupu. Pokud změřená frekvence nespadá do limitů, tak je modul vyhodnocen jako NOK.



Obrázek 36: Zapojení pro měření frekvence z převodníku teploty na frekvenci

7 Princip paralelního testování

Pro testování DPS se čtyřmi totožnými výrobky (UUT) mi byl poskytnut měřicí přístroj VirtualBench. V tomto měřicím zařízení jsou všechny potřebné přístroje pro testování sloučeny do jednoho viz. kapitola 3. Testovány jsou čtyři UUT, které jsou totožné a obsahují LED, RC článek typu dolní propust, BERT a převodník teploty na frekvenci.

Testování jednotlivých modulů probíhá těmito způsoby:

- Pro testování RC článku typu dolní propust je použit funkční generátor, kterým je na vstupu RC článku generován sinusový signál o nastavené amplitudě a frekvenci. Na výstupu RC článku je signál měřen pomocí 1. kanálu osciloskopu.
- Pro testování LED je na vstupu použit regulovatelný zdroj napětí, kterým je obvod napájen. Na výstupu je zapojen multimetr, který měří napětí na samotné LED. U tohoto modulu by měl být měřen i proud tekoucí obvodem, aby mohla být vykreslena V-A charakteristika. Jelikož VirtualBench má zemnicí části všech měřicích přístrojů spojené, tak proud není možno změřit. Proud je tedy podle předřadného odporu v obvodu dopočítáván.
- U testování BERT je použit jeden digitální vstup a jeden digitální výstup. Digitálním výstupem je sekvence bitů posílána na vstup spínače. Na výstupu spínače je zapojen digitální vstup, který přijímá tuto sekvenci bitů. Poté se kontroluje, zda stejná sekvence bitů dorazila na výstup.
- U testování převodníku teploty na frekvenci je použit jen 2. kanál osciloskopu. Měření probíhá na výstupu integrovaného obvodu NE555, který generuje obdélníkový signál. Zde je měřena jen frekvence generovaného signálu.

Každé testované UUT má tři indikační LED, aby obsluha testování nemusela hledat v aplikaci, které UUT jsou funkční a které ne. Ovládání indikačních LED je realizováno pomocí posuvných registrů, které jsou ovládány pomocí tří digitálních výstupů VirtualBench. Jedná se o princip jako při ovládání přepínače. Při probíhající testování svítí na všech UUT indikační LED žluté barvy. Po ukončení testu se u každého UUT rozsvítí buď zelená nebo červená LED. Zelená se rozsvítí u bezchybných UUT a červená u UUT, které mají alespoň jeden modul nefunkční

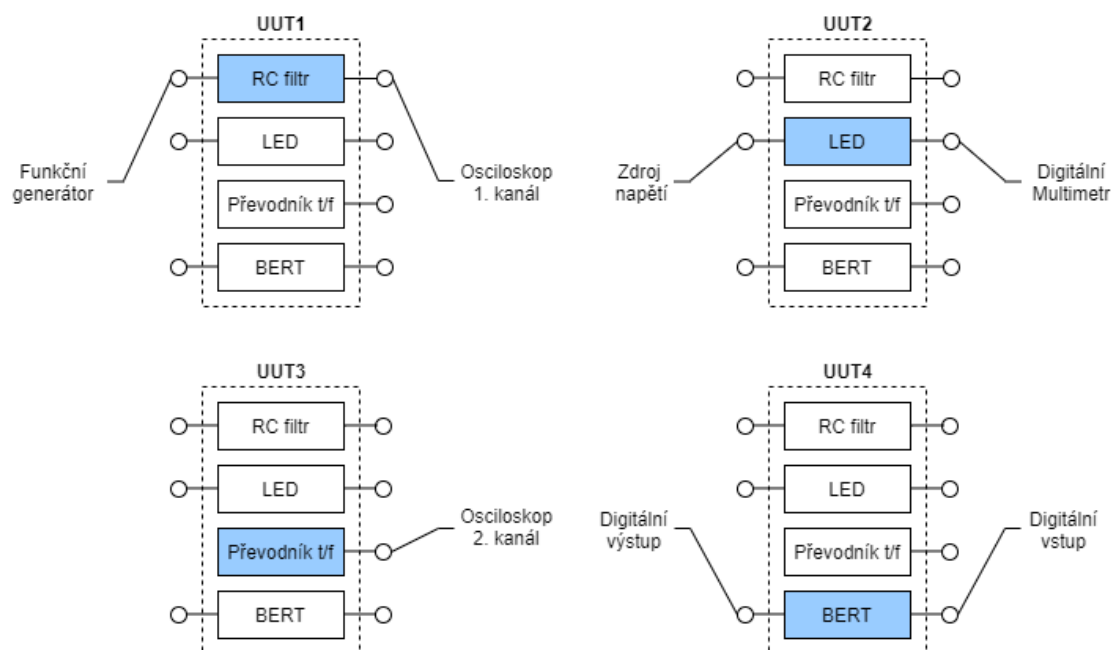
Při testování pomocí VirtualBench je možno použít omezený počet virtuálních měřicích přístrojů a napájecích zdrojů. Takže je možné testovat jeden modul jednoho typu v jeden okamžik. Je možné testovat jeden RC článek, jednu LED, jeden BERT a jeden převodník teploty na frekvenci najednou, ale není možné testovat více modulů stejného typu. Na testovací DPS je celkem šestnáct testovaných modulů a vždy čtyři z nich jsou totožné. Při testování zde hraje obrovskou roli přepínač, který zajišťuje přepínání mezi testovanými moduly. Přepínač zajišťuje efektivitu testování a tím zkracuje jeho dobu trvání. Samozřejmě se nemůže časově rovnat situaci, ve které by každá UUT měla své vlastní měřicí přístroje a napájecí zdroje. Ale určitě je to levnější varianta pro testování, než koupě měřicích přístrojů a napájecích zdrojů pro každé UUT.

Pro ovládání multiplexerového přepínače jsou využity tři digitální výstupy. Pro celé testování jsou využity všechny měřicí přístroje a napájecí zdroje VirtualBench, kromě ampérmetru (Obrázek 42). Samotné testování probíhá ve čtyřech sekvencích. Tyto sekvence jsou rozlišeny barevně, aby se shodovaly s tabulkou vytvořenou v testovací aplikaci (Obrázek 37). První sekvence je vyznačena modrou barvou, druhá sekvence růžovou barvou, třetí sekvence zelenou barvou a poslední čtvrtá sekvence žlutou barvou. Před začátkem spuštění každé testovací sekvence jsou kanály přepínače přepnuty pro danou sekvenci.

	RC	LED	NE555	BERT		DURATION OF TESTS
UUT1	OK	OK	OK	OK		Time: 4,740 s
UUT2	OK	OK	OK	OK		Time: 4,757 s
UUT3	OK	OK	OK	OK		Time: 4,428 s
UUT4	OK	OK	OK	OK		Time: 4,742 s
INTERVAL	I.	II.	III.	IV.		Complete testing time: 19,585 s

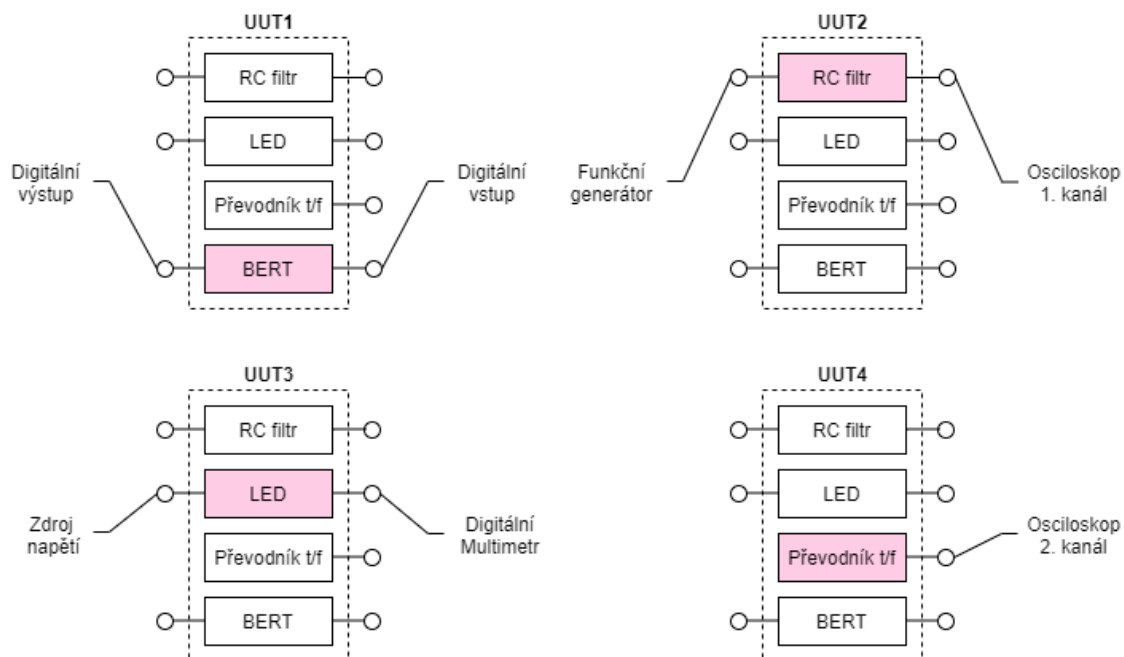
Obrázek 37: Tabulka z testovací aplikace s barevným rozlišením sekvencí

První testovací sekvence (Obrázek 38). V této sekvenci je na UUT1 testován RC filtr za pomoci funkčního generátoru a osciloskopu 1. kanálu. Na UUT2 je testována LED za pomoci zdroje napětí a digitálního multimetru. Na UUT3 je měřena frekvence na výstupu převodníku t/f za pomoci osciloskopu 2. kanálu. A na UUT4 je prováděn BERT za pomoci dvou digitálních vstupně/výstupních pinů.



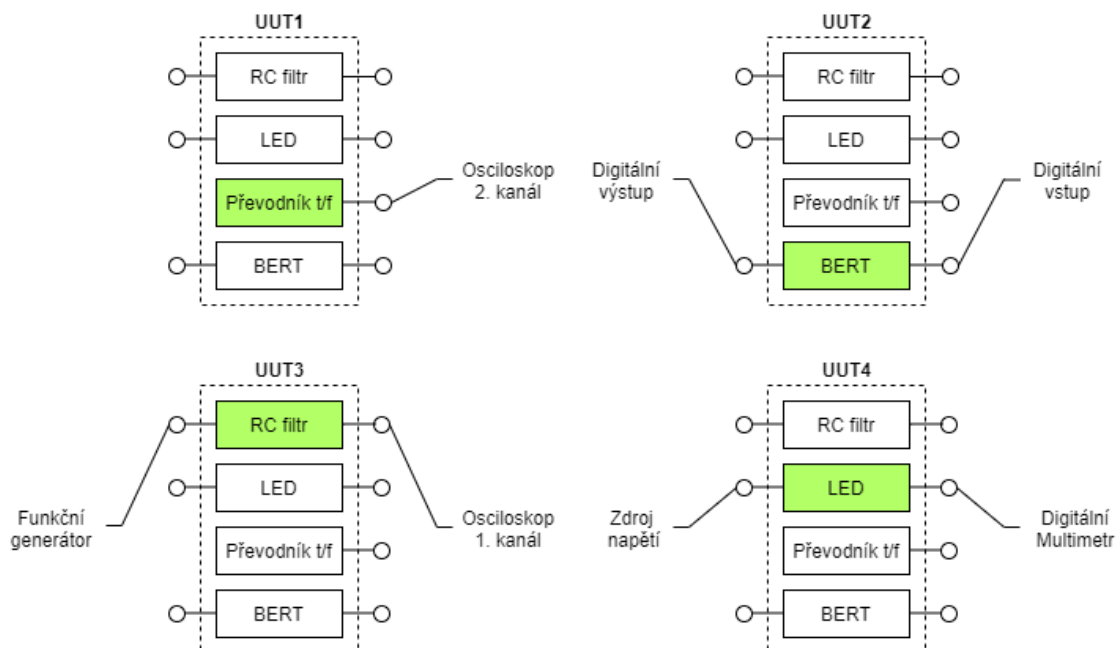
Obrázek 38: Zapojení přístrojů k testovacím modulům v první sekvenci

Druhá testovací sekvence (Obrázek 39). V této sekvenci je na UUT1 prováděn BERT, na UUT2 je testován RC filtr, na UUT3 je testována LED a na UUT4 je měřena frekvence z převodníku t/f.



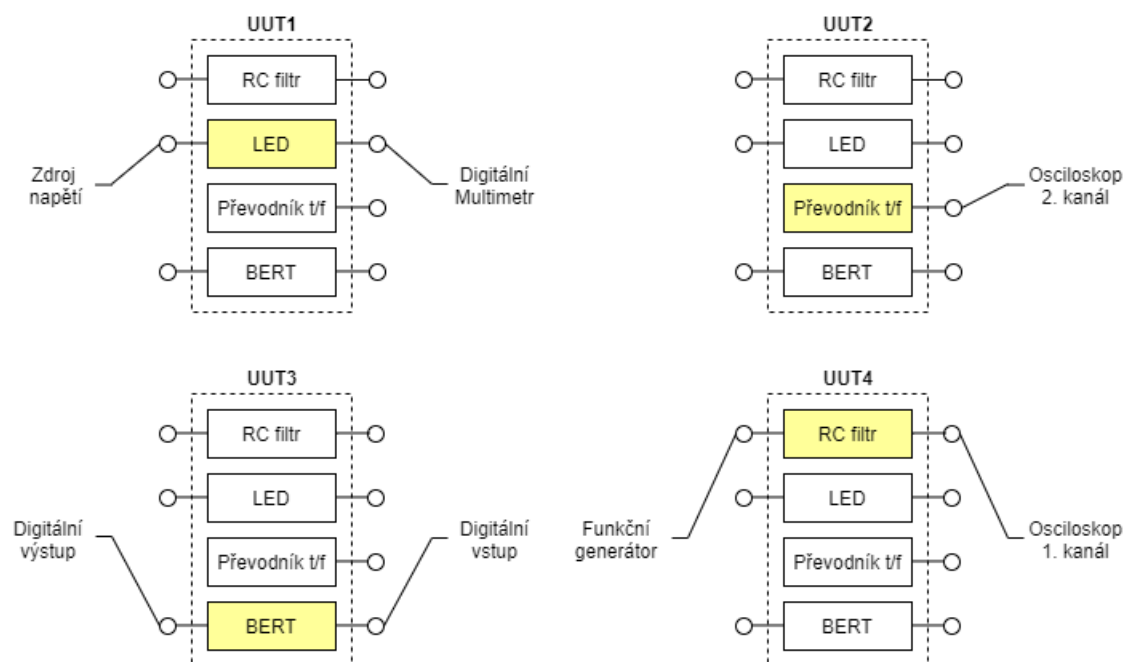
Obrázek 39: Zapojení přístrojů k testovacím modulům v druhé sekvenci

Třetí testovací sekvence (Obrázek 40). V této sekvenci je na UUT1 je měřena frekvence z převodníku t/f, na UUT2 je prováděn BERT, na UUT3 je testován RC filtr a na UUT4 je testována LED.

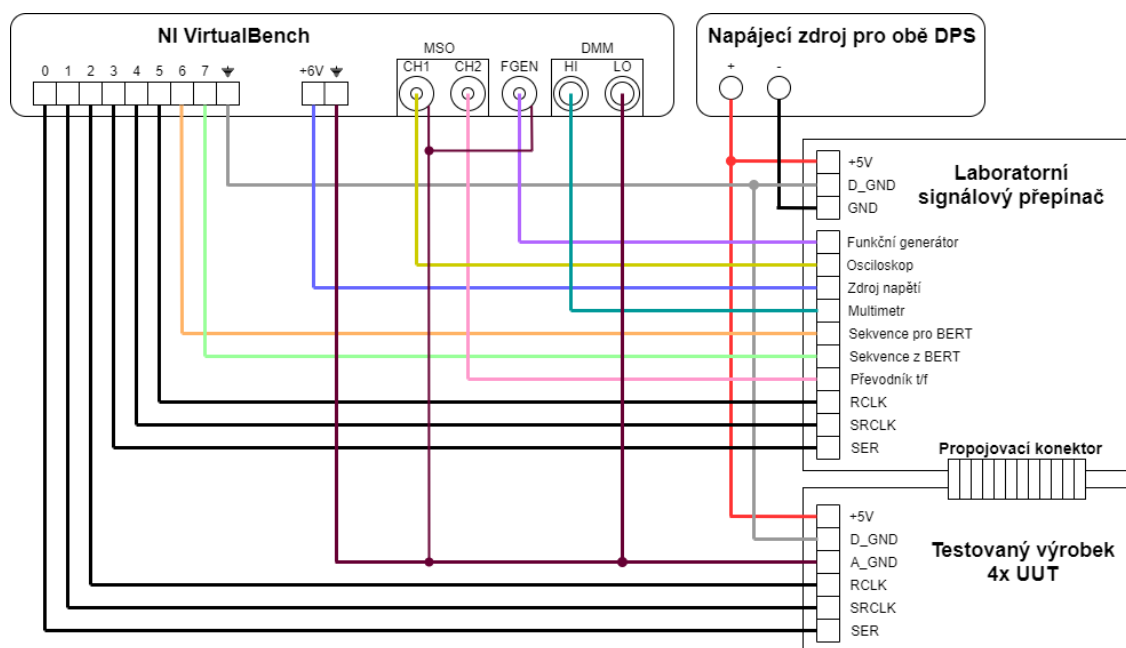


Obrázek 40: Zapojení přístrojů k testovacím modulům ve třetí sekvenci

Čtvrtá testovací sekvence (Obrázek 41). V této sekvenci je na UUT1 testována LED, na UUT2 je měřena frekvence z převodníku t/f, na UUT3 je prováděn BERT a na UUT4 je testován RC filtr.



Obrázek 41: Zapojení přístrojů k testovacím modulům ve čtvrté sekvenci



Obrázek 42: Schéma zapojení přístroje VirtualBench, laboratorního přepínače a testovaného výrobku

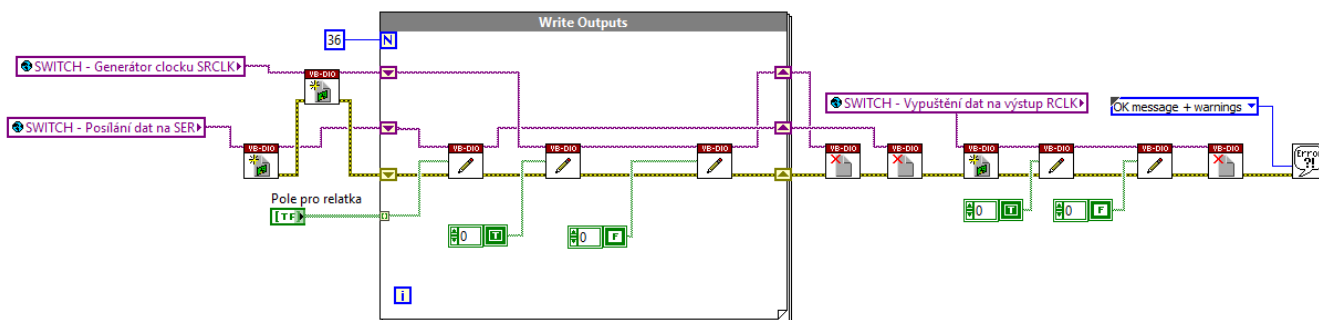
8 Návrh a realizace aplikací

Úkolem bylo vytvořit dvě aplikace pro paralelní a neparalelní testování a zjistit, o kolik se zkrátí čas testování při vhodném přepínání mezi testovanými UUT. Aplikace jsou realizovány v programovacím prostředí LabVIEW. Aplikace jsou svojí funkčností z pohledu uživatele velice podobné, jen každá slouží pro jiný způsob testování. Návrh aplikace probíhal podle několika základních pravidel. Front Panel aplikace musí být uživatelsky přívětivý, intuitivní, přehledný a samozřejmě musí zobrazovat uživateli podstatné informace o testování. Samotný cílový kód sice uživatel neuvidí, ale i tak musí být přehledný, rozdělený do SubVIs a vhodně okomentovaný pro jiného programátora.

Vyhodnocovací systém testovací aplikace je vytvořen jen pro jeden testovaný výrobek. To znamená, že po dokončení testování jednoho výrobku je možné výsledky testování uložit do souboru s příponou .txt. V okamžiku, kdy je testován další výrobek jsou data z předchozího testování ztracena. Pro vyhodnocení, zda je modul OK/NOK, jsou využity konfigurační soubory. Tyto soubory může uživatel jednoduše přepsat v textovém souboru, kdyby je potřeboval změnit dle své potřeby. Například kdyby LED měla jinou barvu, tak by pro uživatele nebyl problém konfigurační soubor přepsat.

8.1 Ovládání přepínače

SubVI pro ovládání přepínače (Obrázek 43) funguje na principu posílání dat do posuvných registrů viz. kapitola 5.1. K ovládání jsou použity tři digitální výstupní piny u VirtualBench. Vstupem do tohoto SubVI je 2D boolean pole, protože VirtualBench předpokládá, že programátor chce ovládat všech osm digitálních pinů najednou. Proto jsou data pro pin SER posílána jako 2D pole o jednom prvku. Přes globální proměnné jsou zvoleny piny u VirtualBench, které budou používány. Tento cyklus pro zápis dat do registru proběhne 36krát, protože přepínač obsahuje 36 relé. I když je využito jen 28 relé, tak se musí posílat data pro 36 relé, protože mazání dat v registru probíhá přepisem dat. Data by se posunula dolů a mohly by se zbytečně spínat nepoužívaná relé. Díky přivedení impulsu na pin SRCLK jsou bity posílány do registru při každé interaci cyklu. Po nahrání všech dat do registrů, jsou tato data poslána na výstupy registrů za pomoci přivedení impulsu na pin RCLK. Následně jsou sepnuta konkrétně zvolená relé.



Obrázek 43: SubVI vytvořené pro ovládání přepínače

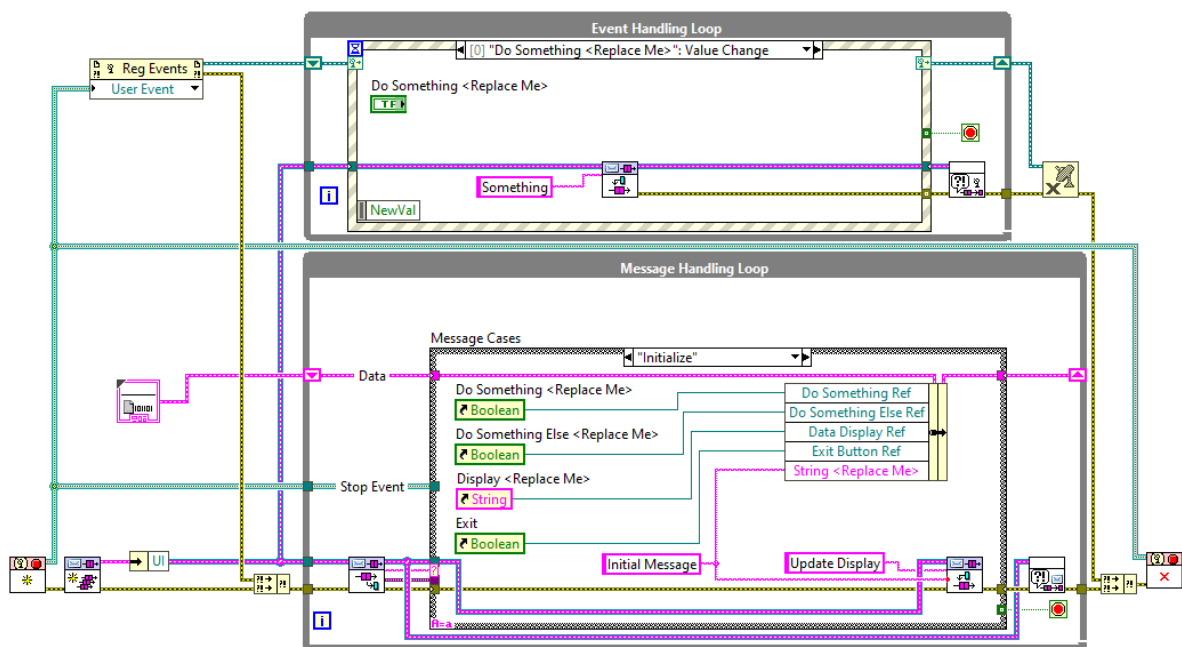
8.2 Ovládání indikačních LED

SubVI pro ovládání indikačních LED je velice podobné jako SubVI pro ovládání přepínače (Obrázek 43). Data pro LED jsou posílána pomocí jiných pinů u VirtualBench, než jsou posílána pro ovládání přepínače. Také samotný cyklus proběhne jen 12krát, protože je ovládáno 12 LED. Ovládání indikačních LED nenastane jen při začátku testovací sekvence, jak tomu bylo u přepínače. Na vstup tohoto SubVI je přivedeno 2D boolean pole podle toho, zda testování probíhá nebo je dokončeno. Při zahájení testování je na vstup převedeno takové 2D boolean pole, které rozsvítí všechny žluté LED. Po dokončení testování je vytvořeno takové pole, které rozsvítí zelenou LED u bezchybného UUT a červenou LED u UUT, které má aspoň jeden modul vadný.

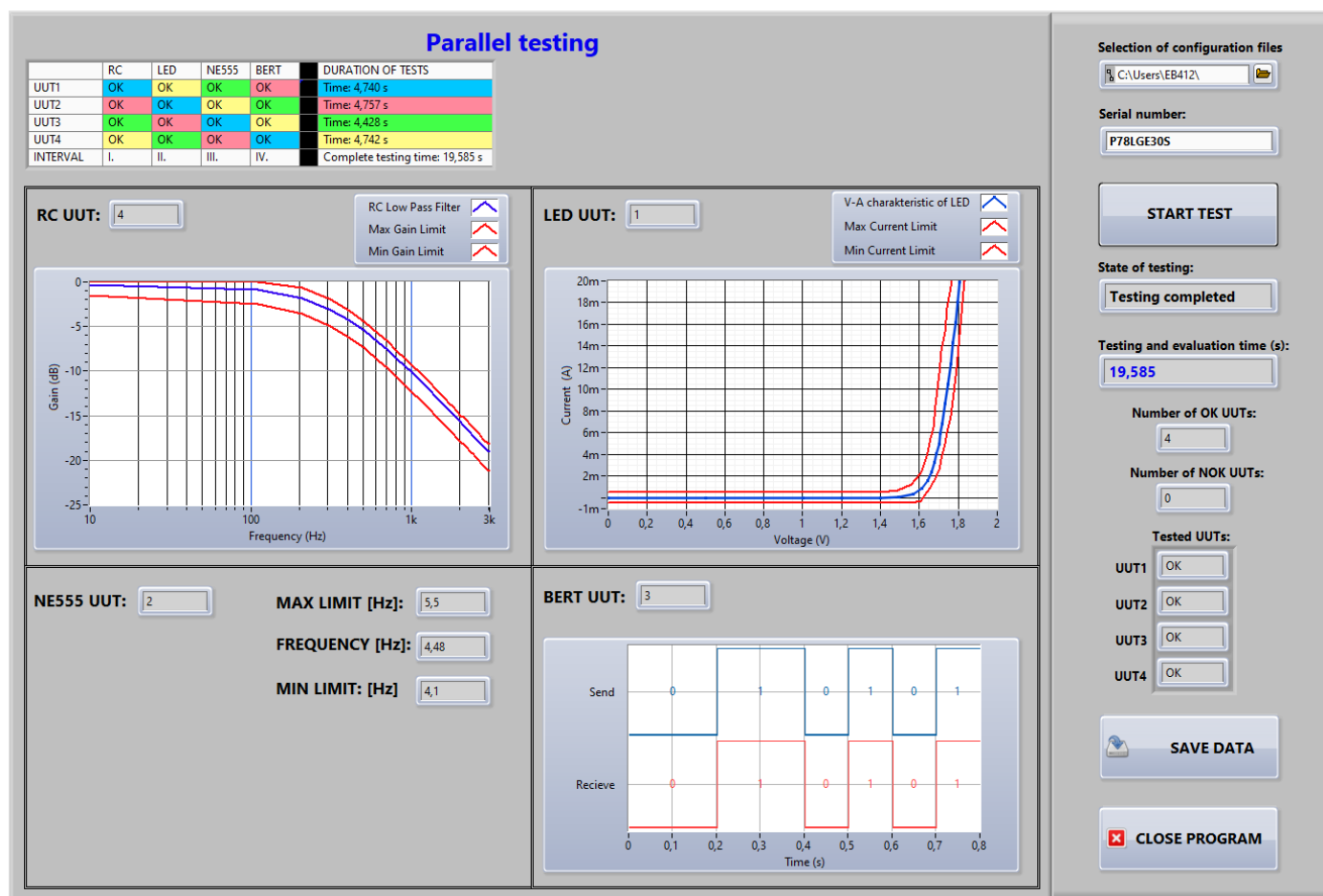
8.3 Aplikace pro paralelní testování

Aplikace pro paralelní testování (Obrázek 45) je realizována pomocí stavového automatu Queue Message Handler (Obrázek 44), který nezatěžuje nepřetržitě procesor počítače. Princip je takový, že se program provede jen při stisknutí některého z tlačítek na Front Panelu. Pro uživatele jsou dostupná tři tlačítka a každé při stisku spustí určený program. První tlačítko je START TEST, které spustí program pro testování výrobku. Po každé provedené testovací sekvenci se data z testovaných modulů zapisují do tabulky. Do tabulky jsou zapsány stavy OK nebo NOK, a také je zapsán čas, jak dlouho trvalo testování jedné sekvence. Po dokončení testovacího procesu je vyhodnoceno, které konkrétní UUT je OK nebo NOK a jejich počet. Také je vyhodnocena celková doba testování, která je důležitá pro srovnání, který způsob testování je časově efektivnější. Druhým tlačítkem je SAVE DATA, které při stisku uloží data z posledního testování v souboru s příponou .txt (Obrázek 46) do složky, kterou si sám uživatel vybere. Posledním tlačítkem na Front Panelu je CLOSE PROGRAM, které při stisku nabídne uživateli, zda chce uložit data z posledního testování. Po vybrání složky k uložení nebo odmítnutí uložení, je testovací aplikace ukončena.

Před zmáčknutím tlačítka START TEST, musí být vybrána složka s konfiguračními soubory, které obsahují OK limitní hodnoty pro testování jednotlivých modulů. Jestliže tato složka nebyla vybrána, tak testování není spuštěno a uživatel je vyzván k výběru složky s konfiguračními soubory. V průmyslu bývá před zahájením testování nasnímán čárový kód výrobku, který je uložen s vyhodnocenými daty o testování. Zde v aplikaci čárový kód není snímán, ale je vepsán uživatelem nebo obsluhou do textového pole. Při běhu testu je ošetřeno, aby uživatel nemohl zmáčknout tlačítko SAVE DATA, když data ještě nebyla vyhodnocena.



Obrázek 44: Queue Message Handler



Obrázek 45: Front Panel aplikace pro paralelní testování

Parallel test

Serial number: P78LGE30S

Number of OK UUTs: 0

Number of NOK UUTs: 4

UUT:	1	2	3	4
RC FILTER:	NOK	NOK	NOK	NOK
LED:	NOK	NOK	NOK	NOK
NE555:	NOK	NOK	NOK	NOK
BERT:	OK	OK	OK	OK

Obrázek 46: Textový soubor s uloženými daty

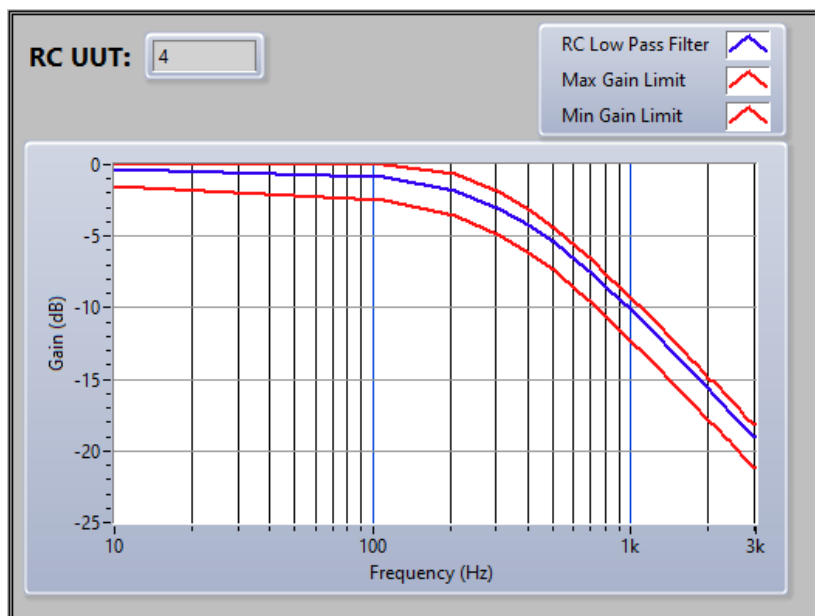
8.3.1 Test RC článku typu dolní propust a převodníku teploty na frekvenci

Při programování paralelního testování pro RC článek typu dolní propust a převodník teploty na frekvenci jsem narazil na neočekávaný problém. Při testování RC článku je využit 1. kanál osciloskopu a při testování převodníku teploty na frekvenci je využit 2. kanál osciloskopu. Avšak k osciloskopu u VirtaulBench není možné přistupovat paralelně ze dvou VI v jeden okamžik. Tento problém jsem řešil tak, že jsem k osciloskopu nemohl přistupovat paralelně, ale jen z jednoho VI. U neparalelního programování tento problém není, protože testování modulů probíhá postupně.

Při testování RC článku je na jeho vstup generován sinusový signál o amplitudě 2 V a frekvenci, která je nastavována z konfiguračního souboru (Obrázek 47). Frekvence je nastavována od 10 do 3010 Hz s krokem 100 Hz. Samozřejmě musí být při každé nastavené frekvenci měněna časová základna osciloskopu, aby bylo měření správné. Při nastavené frekvenci generovaného signálu je na výstupu RC článku měřena odezva pomocí 1. kanálu osciloskopu. Ze změřeného signálu je vypočtena amplituda, která je převedena pomocí výpočetního algoritmu na zesílení K[dB]. Výsledkem měření je pole zesílení, které je porovnáváno s limitními hodnotami z konfiguračního souboru (Obrázek 47). Grafickým výstupem pro uživatele je X-Y graf zobrazující změřenou (modrá) a limitní charakteristiky (červená) (Obrázek 48).

[RC filter]															
f[Hz] = "10	110	210	310	410	510	610	710	810	910	1010	1110	1210	1310	1410	1510
Kmax[dB] = "-1,5	-2,5	-3,6	-5	-6,3	-7,5	-8,75	-9,75	-10,75	-11,6	-12,4	-13,1	-13,75	-14,4	-15	-15,6
Kmin[dB] = "0	0	-0,6	-2	-3,3	-4,5	-5,75	-6,75	-7,75	-8,6	-9,4	-10,1	-10,75	-11,4	-12	-12,6

Obrázek 47: Frekvence pro testování RC článku a limitní hodnoty zesílení K[dB]



Obrázek 48: Grafický výstup testu RC článku

Zároveň na 2. kanálu osciloskopu je měřena frekvence z převodníku, která je při pokojové teplotě okolo 4,8 Hz. Tato frekvence je docela malá vzhledem k nastavovaným frekvencím generovaného signálu u RC článku, tedy jediné správné nastavení časové základny bude v prvním kroku, kdy generovaný signál má hodnotu 10 Hz. Při této frekvenci je nastavena časová základna tak, že je možné správně změřit frekvenci z převodníku. Tato frekvence je poté porovnávána s limity z konfiguračního souboru (Obrázek 49). Výstupem pro uživatele je maximální, minimální a změřená frekvence (Obrázek 50).

```
[NE555]
fmax[Hz] = 5,5
fmin[Hz] = 4,1
```

Obrázek 49: Konfigurační soubor pro test převodníku teploty na frekvenci

NE555 UUT:

MAX LIMIT [Hz]:

FREQUENCY [Hz]:

MIN LIMIT: [Hz]

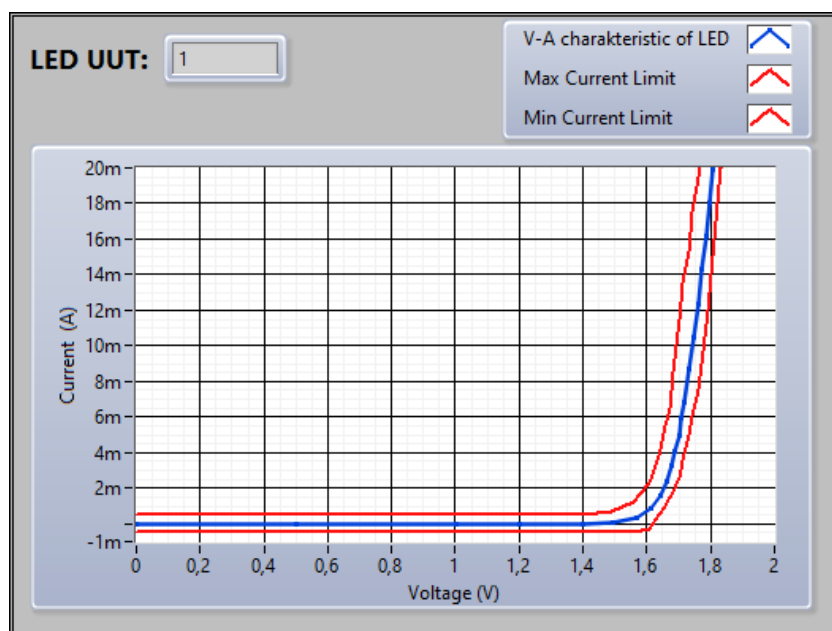
Obrázek 50: Výstup testu převodníku teploty na frekvenci

8.3.2 Test LED

Při testování LED je využit regulovatelný zdroj napětí a digitální multimetr. Obvod s LED a předřadným odporem je napájen zdrojem napětí, které je nastavováno z konfiguračního souboru U[V] (Obrázek 51). Pomocí multimetru, který obsahuje voltmetr i ampérmetr, je měřeno napětí na LED a v obvodu je dopočítáván proud. Jestliže je dispozici i ampérmetr, tak by bylo možné proud změřit. Avšak zde se ukázala nevýhoda VirtualBench, který má společnou zem nejen pro voltmetr a ampérmetr, ale má země všech měřících přístrojů vnitřně spojené. Díky této nevýhodě není možné správně změřit proud v obvodu. Napájecí napětí je v rozmezí 0 - 3,8 V, protože úbytek napětí na LED je 1,8 V a úbytek na předřadném odporu je 2 V při proudu v obvodu 20 mA. Tento proud je pro LED maximální, protože při zvyšování proudu by mohlo dojít k jejímu zničení. Výsledkem měření je pole napětí na LED a dopočtených proudů o 22 hodnotách, ze kterých je vykreslena V-A charakteristika. Pro stále stejné limitní charakteristiky jsou z konfiguračního souboru vyčteny nejen limitní proudy, ale také i napětí na LED. Grafickým výstupem pro uživatele je X-Y graf zobrazující změřenou V-A charakteristiku (modrá) a limitní charakteristiky (červená) (Obrázek 52).

[LED]														
U[V] = "0	0,5	1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
I _{max} [A] = "-5E-4	5E-4	5E-4	5E-4	5E-4	7E-4	12E-4	23E-4	3,8E-3	5,5E-3	6,5E-3	8,5E-3	10E-3	11,5E-3	13,5E-3
I _{min} [A] = "-5E-4	-5E-4	-5E-4	-5E-4	-5E-4	-5E-4	-5E-4	-3E-4	0,5E-3	1E-3	1,5E-3	1,8E-3	2,2E-3	2,6E-3	3,5E-3
U _{LED} [V] = "0	0,5	1	1,2	1,4	1,49	1,56	1,61	1,64	1,66	1,67	1,68	1,69	1,7	1,71

Obrázek 51: Konfigurační soubor pro test LED



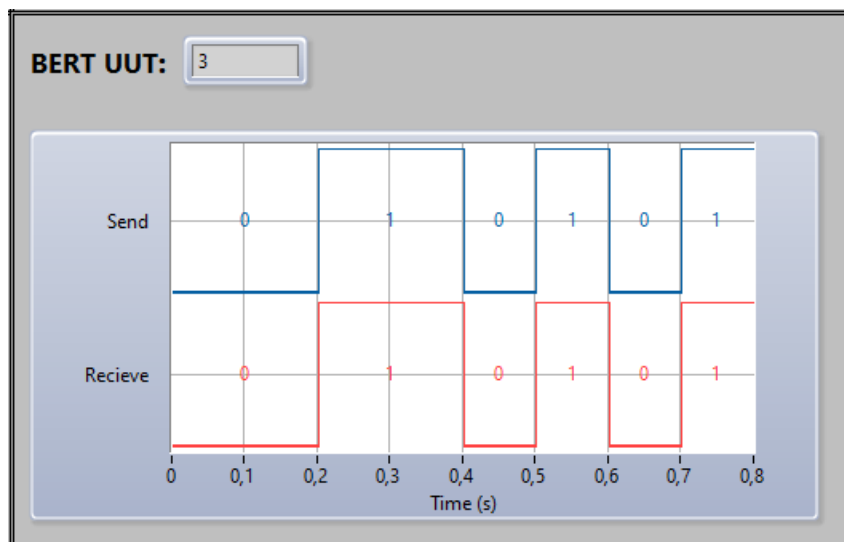
Obrázek 52: Grafický výstup testu LED

8.3.3 Test BERT

Při testování BERT je využit jeden digitální vstup a jeden výstup. Při zahájení testování je načtena sekvence bitů z konfiguračního souboru (Obrázek 53). Následně je sekvence bit po bitu vysílána na vstup testovaného modulu a na výstupu je přijímána. Vysílání a příjem bitů jsou časovány pomocí funkce Wait Until next ms Multiple na hodnotu 100ms. Po vyslání a přijetí všech bitů je zkontrolováno, jestli se přijatá sekvence rovná té vyslané. Grafickým výstupem pro uživatele je Digital Waveform Graph zobrazující vyslanou a přijatou sekvenci v čase (Obrázek 54).

[BERT]
bit sequence = "0 0 1 1 0 1 0 1"

Obrázek 53: Sekvence bitů pro testování BERT



Obrázek 54: Grafický výstup testu BERT

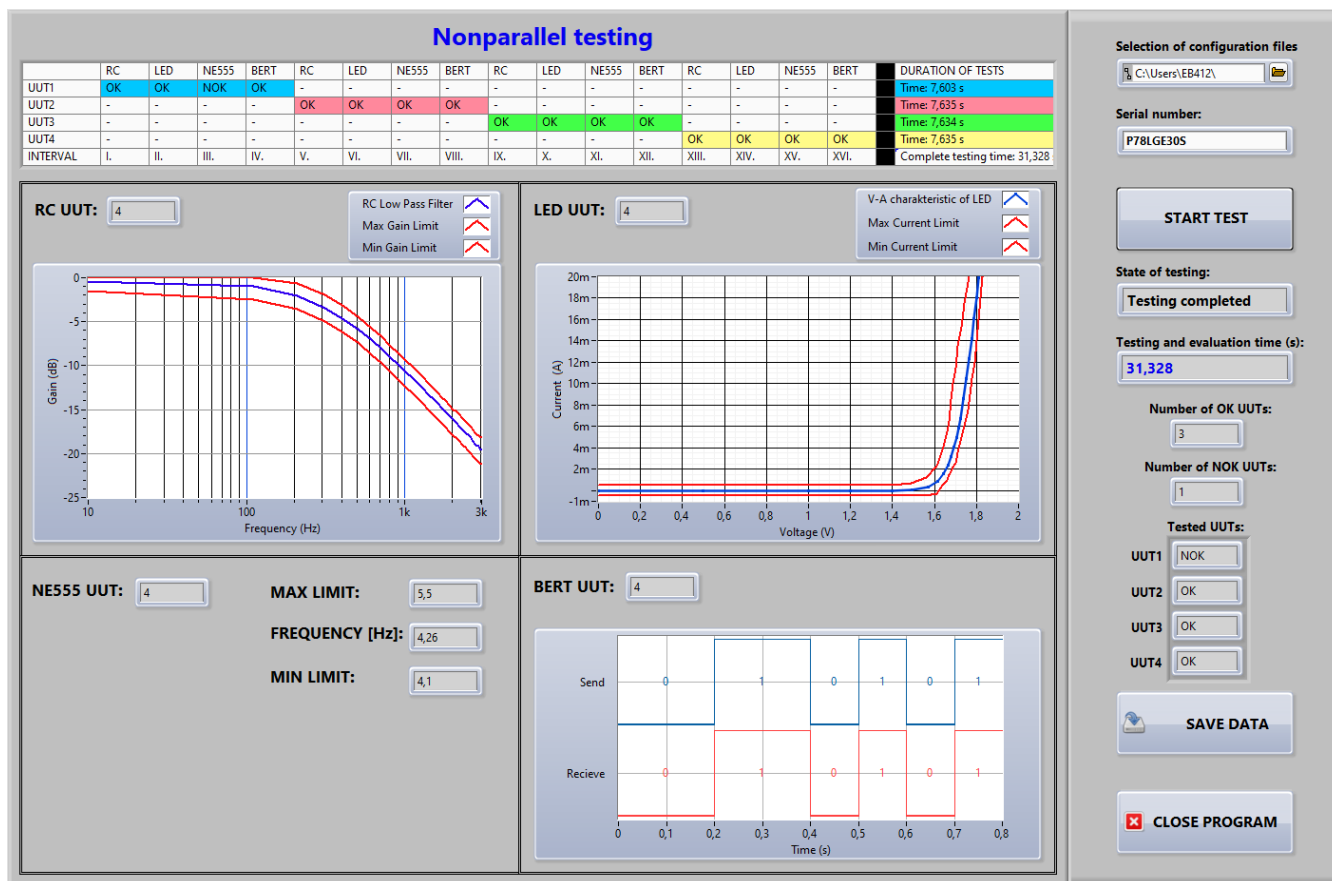
8.4 Aplikace pro neparalelní testování

Aplikace pro neparalelní testování (Obrázek 56) je velice podobná aplikaci pro paralelní testování, v něčem se ale zásadně liší:

- má jinou tabulku s výsledky testování na Front Panelu z pohledu uživatele
- je zde jiná délka trvání testování modulů, které probíhá jedno po druhém v 16 intervalech (Obrázek 55)
- není vhodně využito přepínání mezi testovanými UUT, proto testování trvá déle

	RC	LED	NE555	BERT	RC	LED	NE555	BERT	RC	LED	NE555	BERT	RC	LED	NE555	BERT	DURATION OF TESTS
UUT1	OK	OK	NOK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Time: 7,603 s
UUT2	-	-	-	-	OK	OK	OK	OK	-	-	-	-	-	-	-	-	Time: 7,635 s
UUT3	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK	OK	OK	-	-	-	-	Time: 7,634 s
UUT4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	OK	OK	OK	OK	Time: 7,635 s
INTERVAL	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	XIII.	XIV.	XV.	XVI.	Complete testing time: 31,328

Obrázek 55: Tabulka s výsledky neparalelního testování



Obrázek 56: Front Panel aplikace pro neparalelní testování

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat laboratorní úlohy pro výuku Virtuální instrumentace. V těchto úlohách jsem se zabýval zvýšením časové efektivity při testování modulů na demonstračním výrobku za pomoci multiplexerového signálového přepínače, který umožňuje v průběhu testování automaticky přepínat měřící přístroje mezi testovanými moduly. Musel jsem nastudovat konstrukci, funkčnost a princip ovládání testovaného výrobku a signálového přepínače. Testování probíhalo pomocí přístroje VirtualBench, u kterého jsem si musel nastudovat jeho princip ovládání v programovacím prostředí LabVIEW.

Výsledkem této práce jsou dvě plně funkční aplikace pro paralelní a neparalelní testování výrobku. Tyto aplikace jsou velmi podobné, ale hlavně se liší ve způsobu testování.

V první aplikaci pro paralelní testování se v tabulce s výsledky testování uživatelé zobrazují čtyři výsledky testů současně (na každém UUT se zobrazí jeden testovaný modul), které jsou rozlišeny barevně. Po dokončení testování je kompletně vyplněná tabulka s daty, který modul je OK nebo NOK s časy délek trvání každé sekvence. V druhé aplikaci pro neparalelní testování se v tabulce s výsledky testování uživatelé zobrazují čtyři výsledky testů současně, ale všechny testy jsou prováděny na stejném UUT a moduly se testují jeden po druhém nikoliv současně. Uživatel pracující s těmito testovacími aplikacemi uvidí, který způsob testování je efektivnější. Test všech čtyř UUT paralelním způsobem trvá přibližně 19 sekund a test všech čtyř UUT neparalelním způsobem trvá přibližně 32 sekund. Po dokončení testování je uživateli zobrazena kompletně vyplněná tabulka s výsledky testování, jak dlouho celý test trval, kolik UUT je vadných a kolik bezvadných, které konkrétní UUT je vadné nebo bezvadné.

Data, která při testování určují, zda je testovaný modul vadný nebo bezvadný (limity pro OK výrobek) jsou vyčítána z konfiguračních souborů, které může uživatel dle libosti měnit v poznámkovém bloku. Uživatel může nastavovat při jakých hodnotách frekvencí se má testovat RC člunek typu dolní propust a jakou má mít maximální nebo minimální limitní hodnotu zesílení. Také může měnit napětí, které bude nastavováno při testování LED a maximální a minimální limity proudů. Uživatel může měnit sekvenci bitů pro BERT nebo maximální a minimální limit frekvence pro převodník teploty na frekvenci. Tyto konfigurační soubory si vybírá uživatel, tedy je možné je měnit samotným uživatelem bez zásahu do programu.

Použitá literatura

- [1] JAŠEK, Jan. Návrh laboratorní úlohy pro paralelně probíhající test výrobků. Ostrava, 2019. Bakalářská práce. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství.
- [2] N-Wire Switching Modes – NI Switches Help [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020, April 2015 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/375472H-01/switch/xwire/>
- [3] PXI Switch Modules: PXI Matrix Switch Modules [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2019, December 2019 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/product-flyers/pxi-switch-modules.pdf>
- [4] NI PXI/PXIe-2531: 512-Crosspoint, 1-Wire Matrix [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2010-2015 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.ni.com/pdf/manuals/375238d.pdf>
- [5] PXI Switch Modules: PXI Multiplexer Switch Modules [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2019, December 2019 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/product-flyers/pxi-switch-modules.pdf>
- [6] NI PXI/PXIe-2531: 24-Channel FET Multiplexer/Matrix [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2003-2016 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.ni.com/pdf/manuals/373532g.pdf>
- [7] Switching and Multiplexing [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020, 2019 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/16/switching-and-multiplexing.html>
- [8] Switch Types and Common Terminology [online]. c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://instrumentationtools.com/switch-types-and-common-terminology/>
- [9] Switches [online]. John Hewes, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://electronicsclub.info/switches.htm>
- [10] What Is TestStand [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-teststand.html>
- [11] NI TestStand Featured Examples [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://forums.ni.com/t5/Example-Code/NI-TestStand-Featured-Examples/ta-p/399641?profile>.
- [12] What Is NI Switch Executive [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/06/what-is-ni-switch-executive-.html>

- [13] Using NI Switch Executive in NI TestStand [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370404J-01/nise/teststand/>
- [14] How to Create Custom Switch Topologies with National Instruments Switch Executive [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/3446/en/>
- [15] VirtualBench All-in-One Instrument [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2019 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://www.ni.com/pdf/product-flyers/virtualbench-all-in-one-instrument.pdf>
- [16] VLACH, Jaroslav, Josef HAVLÍČEK a Martin VLACH. Začínáme s LabVIEW. 1. vyd. Ilustrace Viktorie VLACHOVÁ. Praha: BEN – technická literatura, 2008, 247 s. ISBN 978-80-7300-245-9.
- [17] BRESS, Thomas J. Effective LabVIEW programming. 1st ed. Allendale: NTS Press, 2013. 701 s. ISBN 19-348-9108-8.
- [18] How to Automate VirtualBench in LabVIEW [online]. Austin, Texas, United States: National Instruments, c2020, Jun 2014 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://www.ni.com/tutorial/52110/en/>
- [19] SNx4HC595 8-Bit Shift Registers With 3 – State Output Registers [online]. Dallas, Texas 75265: Texas Instrument Incorporated, c2020, 2015 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symmlink/sn74hc595.pdf>
- [20] Shift Register – Parallel and Serial Shift Register [online]. AspenCore, c2020 [cit. 2020-05-04]. Dostupné z: https://www.electronics-tutorials.ws/sequential/seq_5.html

Přílohy na DVD

DVD přiložené k této bakalářské práci obsahuje:

- LabVIEW projekt "Laboratorni_Ulohy_BP", který obsahuje veškerá VI potřebná k paralelnímu a neparalelnímu testování.
- Aplikaci "Parallel_testing" pro paralelní testování ve formátu .exe.
- Aplikaci "Non_Parallel_testing" pro neparalelní testování ve formátu .exe.